



BUKU AJAR

APLIKASI COMPUTER TEKNIK SIPIL PROGRAM ETABS

Disusun oleh :

Dr. Ir. Koespiadi, M.T

Kata Pengantar

Program aplikasi computer ETABS merupakan alat bantu sarana untuk melakukan perhitungan struktur gedung. Program ini sangat membantu dalam proses untuk melakukan analisis pada bangunan gedung. Dengan menggunakan alat bantu ini maka proses perhitungan struktur menjadi lebih cepat dengan tingkat ketelitian yang tinggi.

Didalam menyusun input dari Program aplikasi computer ETABS diperlukan pemahaman dan pengertian tentang pemodelan dari bangunan gedung yang di modelkan kedalam program Etabs. Untuk mendefinisikan bangunan gedung ke dalam model maka model harus dapat mewakili dari kondisi bangunan gedung yang ada, sehingga model akan merepresentasikan dari bangunan gedung yang sebenarnya.

Model yang telah di running akan memberikan output dari model bangunan gedung dan dapat digunakan untuk penggambaran detail dari elemen struktur gedung.

Akhirul kata dengan mengucapkan alhamdullilah semoga buku diktat kuliah ini memberikan manfaat bagi mahasiswa dan pengguna buku ini.

April 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL	vi

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Komputer Rekayasa Struktur.....	1
1.2. Solusi Umum Berbasis Komputer	4
1.3. Penyelesaian Numerik Untuk Integral	5
1.4. Solusi Analisa Struktur Berbasis Komputer	5
1.5. Elemen Bar (Batang Tarik/Tekan	6
1.6. Elemen Balok (Lentur)	7

BAB II FORMULASI ELEMEN FRAME PADA APLIKASI KOMPUTER ETABS

2.1. Metode Matrik Kekakuan	8
2.2. D.O.F (Degree Of Freedom).....	9
2.3. Element Frame Pada Aplikasi Computer ETABS	11
2.4. Formulasi Portal Ruang (Space Frame)	11
2.5. Formulasi Portal Bidang (Plane Frame)	17
2.6. Formulasi Balok (Beam)	19
2.7. Formulasi Grid	20
2.8. Formulasi Rangka Batang (Truss)	21
2.9. Rigid Offset	22

BAB III EFEK P-DELTA

3.1. Pendahuluan	24
3.2. Konsep Dasar Pengaruh P-Delta	25
3.3. Gaya Aksial P-Delta	26
3.4. Tekuk/Buckling	27
3.5. Aplikasi Praktis	27
3.6. Struktur Bangunan Gedung	28

3.7.	Struktur Kabel	28
3.8.	Guyed Towers	30
3.9.	Sistem Sumbu Koordinat (Global & Lokal)	30
3.10.	Orientasi Sumbu Lokal Element	33
3.11.	Sumbu 1 – Longitudinal	33
3.12.	Orientasi Default	33
3.13.	Mengubah Orientasi Element	34
3.14.	Orientasi Sumbu Lokal Nodal	35
3.15.	Sistem Koordinasi Silinder Dan Spherikal	37

BAB IV APLIKASI PROGRAM MODUL 1

4.1.	Modul 1	38
------	---------------	----

BAB V APLIKASI PROGRAM MODUL 2

5.1.	Modul 1	55
------	---------------	----

BAB VI APLIKASI PROGRAM MODUL 3

6.1.	Modul 1	75
6.2.	Sumber Pustaka	96

DAFTAR GAMBAR

1.1.	Luas Persegi Empat	4
1.2.	Luas Kurva Sinus	4
1.3.	Pendekatan Mencari Luas di Bawah Kurva	5
1.4.	Tahapan Umum Dalam Pemodelan Struktur	6
1.5.	Elemen Satu Dimensi untuk Batang Tarik	6
1.6.	Elemen Satu Dimensi Untuk Balok	7
1.7.	Pemodelan Struktur 2D dan 3D	7
2.1.	Perilaku Struktur Non-Linier	9
2.2.	Pengaruh Tegangan Material Terhadap Hasil Analisis	9
2.3.	Deformasi Pada Nodal	10
2.4.	Tumpuan Sebagai Nodal Dengan D.O.F Ditahan.....	10
2.5.	D.O.F Lengkap Element Frame (Space Frame)	11
2.6.	Struktur Gedung Yang Diidealisasi Sebagai Space Frame.....	15
2.7.	Idealisasi Kolom Dengan Element Frame	15
2.8.	Model Struktur Yang Diselesaikan Dengan Element Frame	16
2.9.	D.O.F Element Frame Sebagai Portal Bidang (portal Frame)	17
2.10.	Property Data Untuk Element Frame.....	18
2.11.	D.O.F Element Frame Sebagai Balok.....	19
2.12.	D.O.F Element Frame Sebagai Grid.....	20
2.13.	D.O.F Element Frame Sebagai Truss	21
2.14.	Pengaruh Dimensi Terhadap Permodelan	22
2.15.	Rigid Offset dan End Offset	23
3.1.	Kantilever Dibebani Gaya Aksial Dan Transversal Sekaligus	25
3.2.	Momen Diagram Kantilever Terhadap Gaya Aksial Dan Transversal.....	26
3.3.	Sistem Sumbu Dengan Kaidah Tangan Kanan	30
3.4.	Rotasi Positif Dengan Kaidah Tangan Kanan	31
3.5.	Sistem Koordinasi Persegi (Cartesian) Dalam SAP2000	31
3.6.	Orientasi Default Batang terhadap Sumbu Global	34
3.7.	Mengubah Orientasi Sumbu 2 dan 3	34

3.8.	Langkah 1 : Pemutaran Nodal	35
3.9.	Langkah 2 : Pemutaran Nodal	35
3.10.	Langkah Terakhir Pemutaran Nodal	36
3.11.	Informasi Mengenai Suatu Nodal Yang Dipilih	36
3.12.	Sistem Koordinasi Silinder	37
3.13.	Sistem Koordinat Sferikal	37

DAFTAR TABEL

2.1.	Luas Efektif Geser Menurut SAP2000	13
2.2.	Konstanta Torsi Untuk Struktur Space Frame Dan Grid.....	14

Bab 1

Pendahuluan

1.1. Komputer Rekayasa Struktur

Komputer yang artinya penghitung merupakan alat bantu yang pertama – tama dikembangkan untuk bidang sains dan rekayasa. Hanya saja, sekarang telah berkembang jauh tidak hanya penghitung, tetapi juga penulis, pelukis, maupun penghibur dengan video dan tata-suaranya serta yang lain-lain.

Dikaitkan dengan rekayasa konstruksi atau struktur, atau tepatnya *structural engineering* maka tugas utama komputer adalah sebagai penghitung seperti maksud awal alat tersebut diciptakan, yaitu dari asal kata to compute.

Komputer rekayasa struktur sebagai proses rekayasa struktur (*structural engineering*) berbasis komputer, meliputi :

- Proses perancangan
 - Pemilihan sistem struktur
 - Pemilihan bahan material (ketersediaan, SDM)
 - Analisis struktur (geometri penampang, beban-beban yang diperkirakan akan bekerja)
 - Deformasi (kekakuan)
 - Gaya/tegangan (kekuatan)
 - Desain penampang : memastikan bahwa penampang dengan material tersebut (yang dipilih) memenuhi syarat-syarat perenanan yang ditetapkan.
 - Deformasi
 - Tegangan
 - Dektilitas (sifat keruntuhan yang didahului dengan terjadinya deformasi yang benar/ulet)
- Proses fabrikasi
- Proses erection/pengangkutan/perakitan
- Perawatan/perbaikan (retrofit)/evaluasi struktur

Dari berbagai tahapan di atas, yang paling banyak melibatkan komputer adalah proses perencanaan, yag meliputi :

- Pemodelan Sistem Struktur dan Analisanya

Tahapan paling awal sebelum dapat dilakukan analisa truktur adalah pembuatan model struktur, yaitu membuat simulasi perilaku fisik struktur yang nyata sehingga dapat diproses melalui pendekatan numerik menggunakan bantuan komputer. Pemodelan tidak terbatas hanya pada bagaimana menyiapkan data komputer, tapi model yang dibuat harus disesuaikan dengan problem yang akan dianalisis, apakah itu tegangan, thermal, atau apa saja. Jadi, pembuat model dituntut harus memahami permasalahan yang akan diselesaikan, apakah problem yang ditinjau dipengaruhi waktu (misal creep), apakah ada unsur-unsur non-linier (mendekati runtuh), maupun teori-teori pendukung dalam penyelesaian problem yang ditinjau. Dengan demikian, dapat menentukan apakah suatu parameter harus ada atau dapat dihilangkan dan tidak mempengaruhi hasil.

Dengan memahami permasalahan, maka dapat disusun suatu model analisis, tentu saja pembuatan model dibatasi dengan ketersediaan metode penyelesaiannya. Semakin sederhana model yang dibuat, semakin mudah penyelesaiannya. Demikian juga sebaliknya. Meskipun demikian, suatu model yang kompleks tidak menjamin dapat memberi simulasi yang terbaik dari perilaku fisik aslinya.

Berbagai pendekatan dalam analisis model struktur untuk mengetahui perilaku terhadap pemberian beban, dikategorikan sebagai berikut.

- Linier – Elastik

Kata elastik menunjukkan bahwa suatu struktur akan berdeformasi jika diberi suatu pembebanan, dan akan kembali ke posisi awal jika pembebanan tersebut dihilangkan. Sedangkan linier menunjukkan hubungan antara beban dan deformasi bersifat linier/proporsional.

Contoh metode penyelesaian seperti itu adalah :

- Metode Slope Deflection, Cross
- Metode Matrik Kekakuan

Ciri-ciri penyelesaian linier-elastik adalah hasil penyelesaian dapat dilakukan superposisi antara satu dengan yang lain.

- Non – Linier

Tentu saja analisa tipe ini adalah lawan dari analisa Linier-Elastik, yaitu perilaku hubungan deformasi dan pembebanan yang diberikan tidak proporsional. Deformasi pada suatu kondisi pembebanan tidak dapat digunakan untuk memprediksi deformasi pada kondisi pembebanan yang berbeda hanya dengan mengetahui ratio pembebanan

tersebut. Kondisi tersebut dapat disebabkan oleh material maupun hal yang lain, yang sebagian besar dapat dikategorikan sebagai berikut.

- Non-Linier geometri : $P - \Delta$ efek, large deformasi analysis
- Non – linier material : Plastik , Yield
- Non – Linier tumpuan : gap

Analisa non – linier pada umumnya tidak untuk mencari kuantitas gaya-gaya internal atau lendutan yang terjadi, tetapi lebih pada untuk mengetahui perilaku struktur tersebut akibat pembebanan yang diberikan yang melebihi batas-batas dan persyaratan elastik-linier. Misal perilaku keruntukan struktur terhadap beban gempa, apakah bersifat daktail atau getas, dan sebagainya.

Ciri-iri penyelesaian non-linier adalah analisisnya dapat didekati dengan cara iterasi dan hasilnya tidak dapat dilakukan superposisi antara satu dengan yang lain.

Catatan : tidak semua software dapat menyelesaikan problem diatas. Sebagai contoh , analisa non-linier geometri pada APLIKASI COMPUTER ETABS versi 7.40 hanya pada tahap $P-\Delta$ saja, sedangkan larger *deformation analysis* tidak mampu, sedangkan ANSYS dapat melakukan.

➤ Desain Penampang

Pada umumnya berguna untuk mengetahui apakah dimensi penampang yang digunakan pada analisis struktur memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan \, atau daktilitas yang ditetapkan dalam peraturan yang berlaku. Sedangkan pada konstruksi beton bertulang, desain penampang juga digunakan untuk mencari berapa banyak tulangan memanjang maupun sengkang yang harus dipasang pada penampang yang direncanakan.

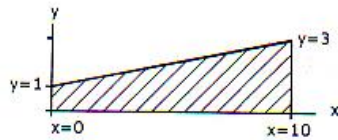
Untuk mengevaluasi tersebut digunakan design-code yang berlaku dan umumnya dapat dikategorikan dalam dua cara, yaitu :

- Elastik/tegangan izin, misal Allowable Stress Design dari AISC, peraturan baja atau kayu Indonesia yang lama.
- Ultimate/Limit State Design, misal ACI 318 – 2002 untuk struktur beton atau AIS-LFRD 1993 untuk struktur baja yang diadopsi di Indonesia sebagai SNI 03-1729-2000 yang baru .

1.2. Solusi Umum Berbasis Komputer

Untuk memahami hal tersebut, akan diambil contoh suatu penyelesaian klasik matematik dari suatu luasan bidang sebagai berikut.

Linier



Gambar 1.1 Luas Persegi Empat

Oleh karena bentuknya sederhana, maka seintas saja dapat diketahui bahwa luas daerah berarsir adalah :

$$A = 1 * 10 + \frac{(3-1)}{2} * 10 = 20 \text{ penyelesaian dengan aritmatika sederhana.}$$

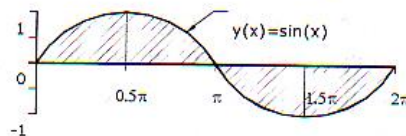
Untuk bentuk-bentuk tertentu, agar dapat dilakasakan seara konsisten, maka cara integral adalah suatu pilihan yang masuk akal.

$$A = \int_{x=0}^{x=10} y(x) dx$$

Untuk bentuk di atas, maka $y(x) = 1 + 0.2x$ sehingga

$$A = \int_{x=0}^{x=10} (1 + 0.2x) dx = \left[x + \frac{0.2}{2} x^2 \right]_0^{10} = 10 + 0.1 * 10^2 = 20$$

Bentuk inetegral di atas sangat berguna untuk menyelesaikan perhitungan luas penampang di bawah yang bentuknya kompleks seperti berikut.



Gambar 1.2 Luas Kurva Sinus

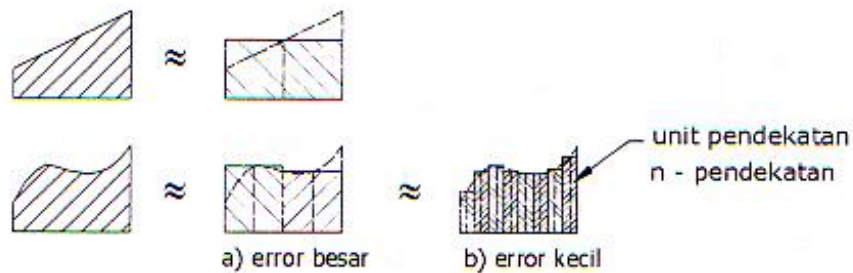
Untuk menari luas dengan aritmatika biasa, tentu saja susah. Penyelesaian eksak dengan cara integral akan lebih muda, yaitu:

$$A = \int_{x=0}^{x=10} \sin(x) dx = 2[-\cos(x)]_0^{\pi} = 4$$

Penyelesaian eksak integral di atas tidak dapat secara mudah atau langsung diselesaikan dengan komputer, perlu suatu metode tertentu, yaitu metode numerik yang menyelesaikan problem tersebut dengan cara pendekatan.

1.3. Penyelesaian numerik untuk integral

Cara pendekatan, misal seperti berikut.



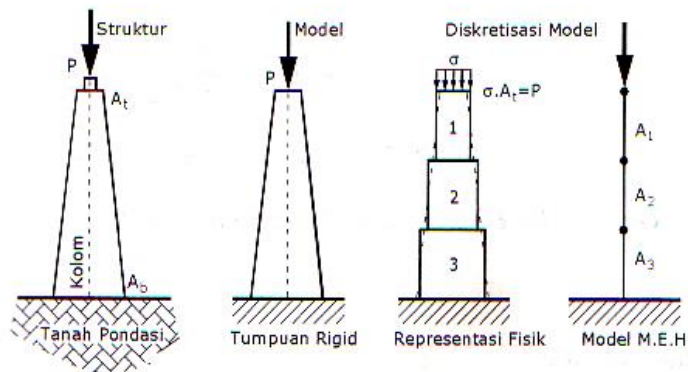
Gambar 1.3 Pendekatan Mencari Luas di Bawah Kurva

Ciri-ciri yang dapat disimpulkan untuk penyelesaian integral diatas adalah:

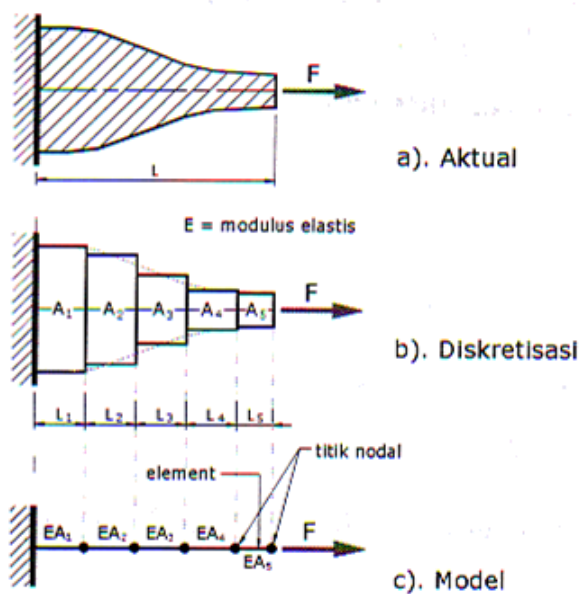
- Problem diselesaikan secara pendekatan
- Unit pendekatan → suatu formulasi yang dianggap dapat mewakili fungsi yang ditinjau berdasarkan data sesederhana mungkin.
- n – pendekatan → semakin banyak semakin teliti.
- Ada proses pengulangan, iterasi, looping.

1.4. Solusi Analisa Struktur Berbasis Komputer

Penyelesaian dilakukan dengan membagi menjadi elemen-elemen kecil, elemen disini adalah suatu formulasi matematis yang dianggap sebagai representasi yang paling mendekati sifat struktur yang dimodelkan.



Gambar 1.4 Tahapan Umum dalam Pemodelan Struktur

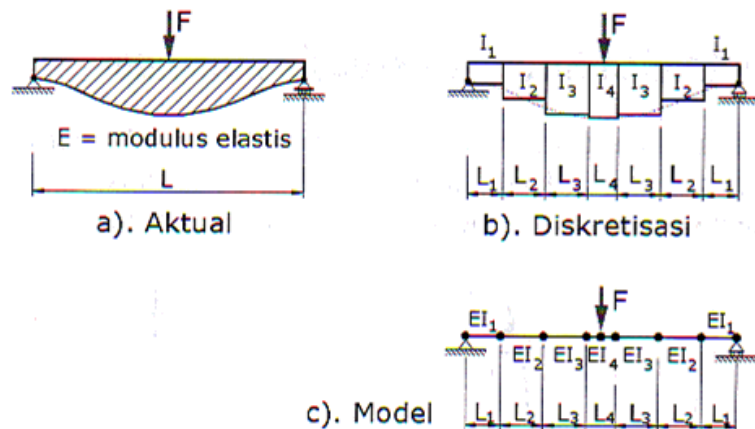


Gambar 1.5 Elemen Satu Dimensi untuk Batang Tarik

1.5. Elemen Bar (Batang tarik/tekan)

Ciri-ciri elemen bar, kemungkinan deformasi yang terjadi adalah deformasi searah sumbu batang. Jadi, akibat deformasi, batang bertambah panjang atau memendek.

1.6. Elemen Balok (lentur)

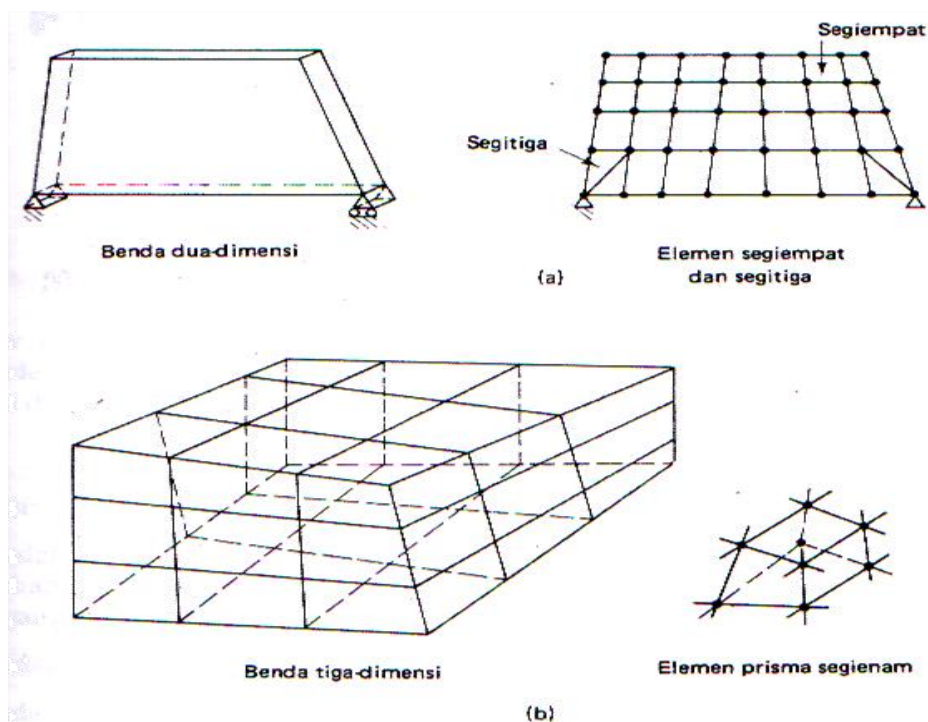


Gambar 1.6 Elemen Satu Dimensi untuk Balok

Ciri-ciri balok :

- Mengalami lentur
- Gaya beban yang bekerja adalah tegak lurus balok

Elemen satu dimensi untuk APLIKASI COMPUTER ETABS disebut elemen FRAME¹. Dalam kenyataannya, tidak semua struktur selalu dapat dimodelkan sebagai elemen satu dimensi, seperti yang terlihat pada gambar berikut.



Gambar 1.7 Pemodelan Struktur 2D dan 3D

Bab 2

Formulasi Elemen FRAME

2.1. Metode Matrik Kekakuan

Dasar teori penyelesaian statik yang digunakan program aplikasi computer ETABS adalah metode matrik kekakuan, dimana suatu persamaan keseimbangan struktur dapat ditulis dalam bentuk matrik sebagai berikut.

$$[K]\{\delta\} = \{F\}$$

Notasi :

$[K]$ adalah matrik kekakuan atau dalam pembahasan sebelumnya dapat dianggap sebagai ‘unit pendekatan’ yang merupakan formasi element yang ditinjau.

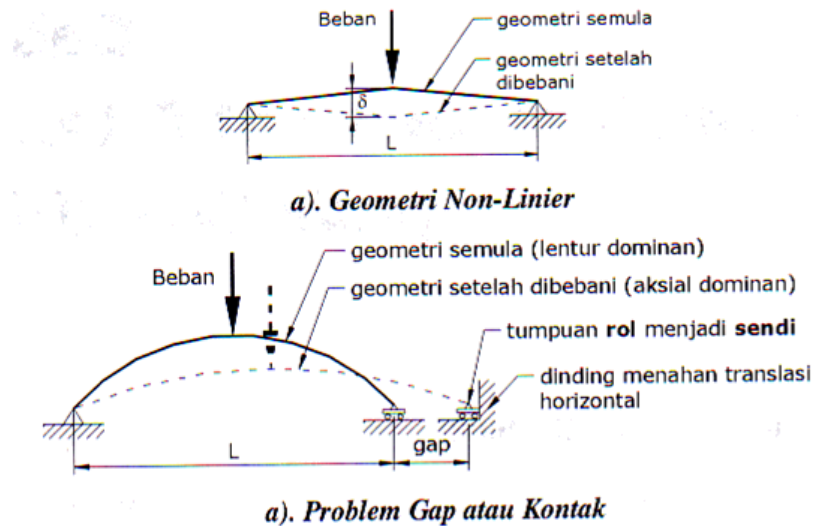
$\{\delta\}$ adalah vektor perpindahan atau deformasi (translasi atau rotasi).

$\{F\}$ adalah vektor gaya / momen yang dapat berbentuk beban pada titik nodal bebas atau gaya reaksi tumpuan titik nodal yang di – *restraint*.

Formulasi persamaan keseimbangan memperlihatkan bahwa besarnya deformasi berbanding lurus dengan gaya yang diberikan, di mana matrik $[K]$ adalah suatu yang menghubungkan perpindahan (deformasi) dan beban. Lebih tepatnya lagi, matrik $[K]$ adalah besarnya gaya yang diperlukan untuk menghasilkan perpindahan (deformasi) satu satuan.

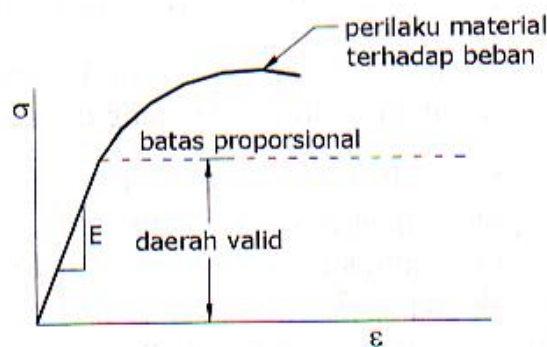
Kondisi di atas menunjukkan bahwa jenis analisa struktur yang digunakan adalah elastik linier sehingga perlu diingat batasan-batasan berikut :

- Geometri struktur sebelum dan sesudah dibebani dianggap tidak mengalami perubahan. Oleh karena itu, perlu diperiksa apakah deformasi pada salah satu nodal bebas sesudah program dijalankan besarnya relatif kecil dibanding geometri secara keseluruhan. Misalnya untuk balok, lendutan di tengah bentang $\ll L/360$.



Gambar 2.1 Perilaku Struktur Non-Linier

- Hubungan tegangan – regangan material yang digunakan dan yang diwakili dalam bentuk Modulus Elastisitas harus mengikuti hukum Hooke, yaitu elastik linier. Oleh karena itu, perlu dicek apakah gaya-gaya internal batang yang terjadi dari proses perhitungan menghasilkan tegangan pada penampang yang masih pada batas proporsionalnya atau tidak. Tentunya kalau sudah melewati tegangan leleh (misalnya baja), maka tentu sudah tidak valid lagi.



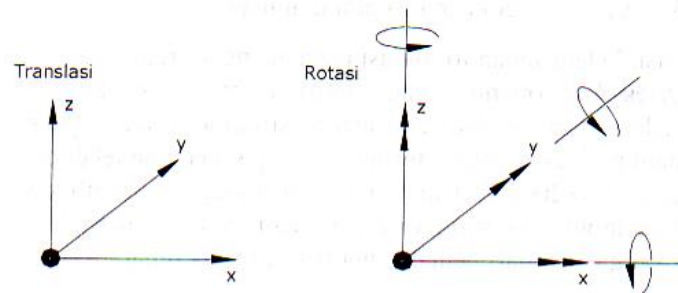
Gambar 2.2 Pengaruh Tegangan Material Terhadap Hasil Analisis

2.2. D.O.F (Degree of Freedom)

Joint atau nodal mempunyai peran sangat penting pada pemodelan analisa struktur. Nodal merupakan titik dimana element-element batang bertemu sehingga mempunyai bentuk yang bermaksa, yaitu geometri struktur itu sendiri. Selain itu, juga digunakan sebagai lokasi untuk mengetahui besarnya deformasi yang terjadi dari suatu struktur. Pada waktu menggambar

geometri dengan antarmuka grafis dari Aplikasi Computer Etabs, maka nodal secara otomatis dibuat dan ditempatkan pada kedua ujung element Frame.

Degree of freedom (d.o.f) adalah derajat suatu kebebasan suatu titik nodal untuk mengalami deformasi yang dapat berupa translasi (perpindahan) maupun rotasi (perputaran) terhadap tiga sumbu ruang.

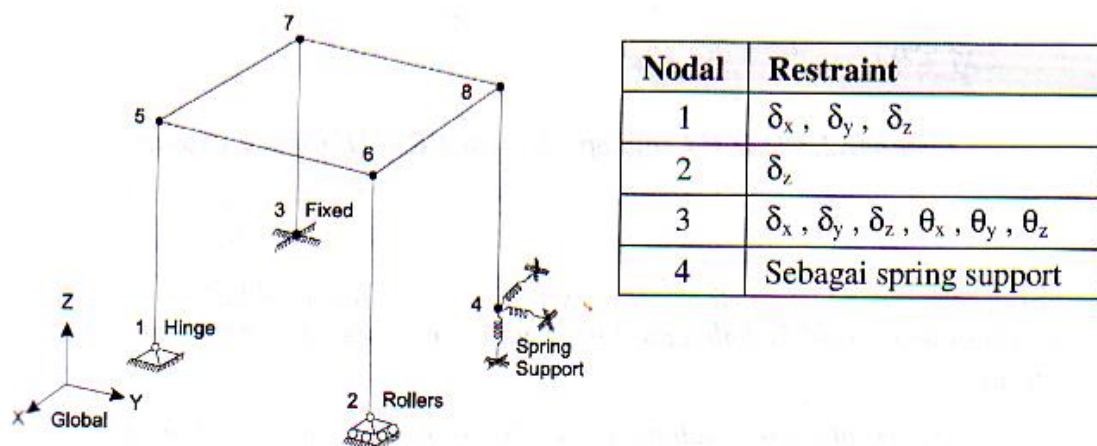


Gambar 2.3 Deformasi pada Nodal

Jadi, untuk suatu nodal dapat terjadi 6 bentuk deformasi jika berada pada suatu kondisi bebas, yaitu 3 translasi ($\delta_x, \delta_y, \delta_z$) dan 3 rotasi ($\theta_x, \theta_y, \theta_z$).

Suatu nodal yang tidak bebas berdeformasi (tertahan) karena diberi *restraint* disebut tumpuan. Sedangkan nodal yang mempunyai kondisi yang dapat berdeformasi sampai pada batas tertentu, disebut sebagai tumpuan elastis (*spring support*). Misalkan pondasi pada tanah lunak, tumpuan balok anak ke balok induk, dan sebagainya.

Penempatan *restraint* pada d.o.f nodal sehingga menjadi nodal tumpuan adalah sangat penting sekali, karena menentukan stabilitas struktur tersebut. Jika tidak stabil, suatu struktur tidak dapat dianalisa.



Gambar 2.4 Tumpuan sebagai Nodal dengan d.o.f Ditahan

2.3. Element Frame pada Aplikasi Computer Etabs

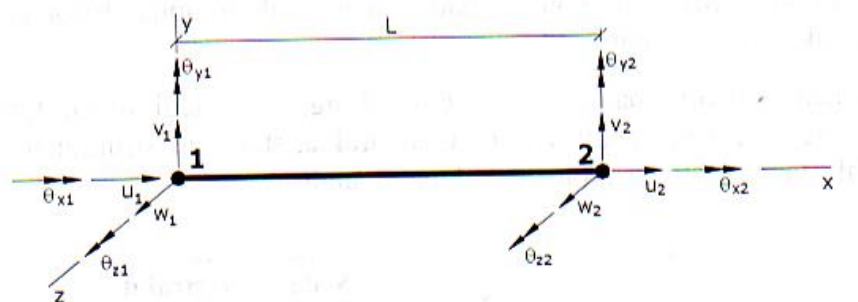
Element Frame pada APLIKASI COMPUTER ETABS telah disiapkan untuk memodelkan struktur dalam 3D. Selain itu, dapat juga memodelkan balok yang dikenal dengan sebutan balok tinggi (*deep beam*), yaitu suatu balok yang mempunyai ratio L/d relatif kecil (menurut peraturan beton jika $L/d < 5$). Pada balok tinggi deformasi akibat gaya geser akan menjadi dominan¹.

Dalam satu sisi, kelengkapan formulasi pada element Frame dapat digunakan untuk menyelesaikan(memodelkan) berbagai bentuk struktur. Meskipundemikian, dalam banyak hal khususnya struktur-struktur yang banyak dijumpai dalam praktek, ternyata formulasi yang sederhana telah cukup. Jadi, element Frame Aplikasi Computer Etabs terlalu lengkap dan dapat menyulitkan, karena dalam analisis input-data yang diisikan menjadi lebih banyak dan perlu pemahaman yang benar dari pemakai untuk hasil yang diharapkan.

Catatan : banyaknya data yang diproses tidak menjadi masalah bagi komputer, apalagi *processor* dan memori yang tersedia di pasaran semakin hari semakin cepat dan murah.

2.4. Formulasi Portal Ruang (Space Frame)

Formulasi $[K]$ dari element FRAME¹ mencakup keseluruhan d.o.f pada nodal-nodal di element, yang diperlihatkan dalam gambar berikut.



Gambar 2.5 D.O.F Lengkap Element FRAME (Space Frame)

¹ Formulasi pengaruh deformasi geser terhadap balok dibahas dalam buku S. Timoshenko(1995) halaman 170 (*conjugate beam*) dan halaman 318 (*strain energy*).

²R. D. Cook et. al (2002) halaman 27, nilai yang diambil untuk luas geser efektif berbeda dari Timoshenko, sedangkan hitungan otomatis program Aplikasi Computer Etabs sama dengan Cook.

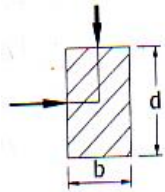
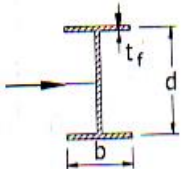
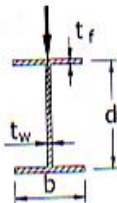


$$[k] = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & Y_1 & 0 & 0 & 0 & Y_2 & 0 & -Y_1 & 0 & 0 & 0 & Y_2 \\ & & Z_1 & 0 & -Z_2 & 0 & 0 & 0 & -Z_1 & 0 & -Z_2 & 0 \\ & & & S & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -S & 0 & 0 \\ & & & & Z_3 & 0 & 0 & 0 & Z_2 & 0 & Z_4 & 0 \\ & & & & & Y_3 & 0 & -Y_2 & 0 & 0 & 0 & Y_4 \\ \hline & & & & & & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & & & & & Y_1 & 0 & 0 & 0 & -Y_2 \\ & & & & & & & & Z_1 & 0 & Z_2 & 0 \\ & & & & & & & & & S & 0 & 0 \\ & & & & & & & & & & Z_3 & 0 \\ & & & & & & & & & & & Y_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ w_1 \\ \theta_{x1} \\ \theta_{y1} \\ \theta_{z1} \\ u_2 \\ v_2 \\ w_2 \\ \theta_{x2} \\ \theta_{y2} \\ \theta_{z2} \end{bmatrix}$$

Dimana

$$\begin{aligned} X &= \frac{AE}{L} & S &= \frac{GK}{L} \\ \phi_y &= \frac{12EI_z k_y}{A_v GL^2} & Y_1 &= \frac{12EI_z}{(1+\phi_y)L^3} & Y_2 &= \frac{6EI_z}{(1+\phi_y)L^2} \\ & & Y_3 &= \frac{(4+\phi_y)EI_z}{(1+\phi_y)L} & Y_4 &= \frac{(4+\phi_y)EI_z}{(1+\phi_y)L} \\ \phi_z &= \frac{12EI_y k_z}{A_v GL^2} & Z_1 &= \frac{12EI_y}{(1+\phi_z)L^3} & Z_2 &= \frac{6EI_y}{(1+\phi_z)L^2} \\ & & Z_3 &= \frac{(4+\phi_z)EI_y}{(1+\phi_z)L} & Z_4 &= \frac{(4+\phi_z)EI_y}{(1+\phi_z)L} \end{aligned}$$

A_v/k_y adalah *luas efektif geser* untuk deformasi geser transversal dalam arah y. Telah umum diterima bahwa faktor $k_y = 1.2$ untuk penampang persegi solid dan $k_y=2$ untuk penampang melintang tabung dinding tipis. **Catatan** : jika penampang element semakin langsing , ϕ_y mendekati nol. Demikian juga untuk A_v/k_z adalah *luas efektif geser* untuk deformasi geser transversal dalam arah z.

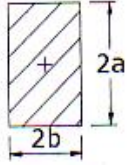
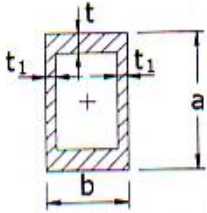
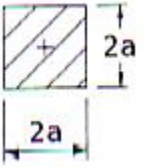
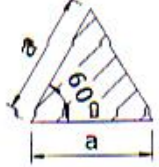

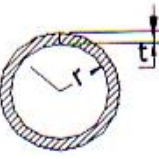
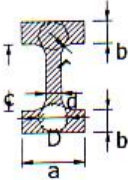
Tabel 2.1 : Luas Efektif Geser Menurut SAP200

Penampang	Penjelasan	Luas Efektif Geser
	Penampang Persegi Gaya geser yang bekerja harus dalam arah paralel terhadap arah b atau d	$\frac{bd}{1.2}$
	Penampang I Gaya Geser yang bekerja harus dalam arah paralel terhadap arah b	$\frac{5}{3} t_f b$
	Penampang I Gaya Geser yang bekerja harus dalam arah paralel terhadap arah d	$t_w d$
	Penampang Gelang Gaya geser dalam segala arah bekerja	$\pi r t$
	Circular Solid Gaya geser dalam segala arah bekerja	$0.9 \pi r^2$

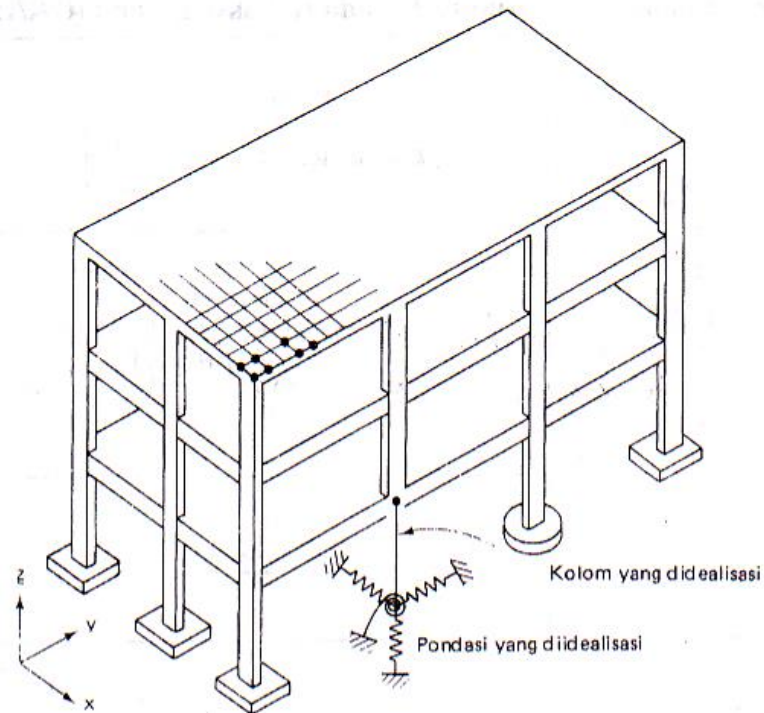
Keuntungan dengan memasukkan parameter untuk menghitung deformasi gaya geser adalah dapat digunakan untuk memodelkan struktur dinding geser (*shear wall*), khususnya jika digabung dengan option Rigid Offset.

K pada formulasi GK/L menunjukkan sifat mekanik penampang terhadap torsi yang disebut konstanta torsi. Sedangkan G adalah modulus geser dan L adalah panjang element. Hanya pada penampang pipa atau solid, seperti tabung silinder, maka konstanta torsi K sama dengan J momen inersia polar penampang terhadap sumbu centroid. Untuk penampang dinding tipis, seperti balok I, profil U, maka K adalah bagian kecil dari nilai J. Formula konstanta torsi K yang disajikan dari Roark & Young (1989).

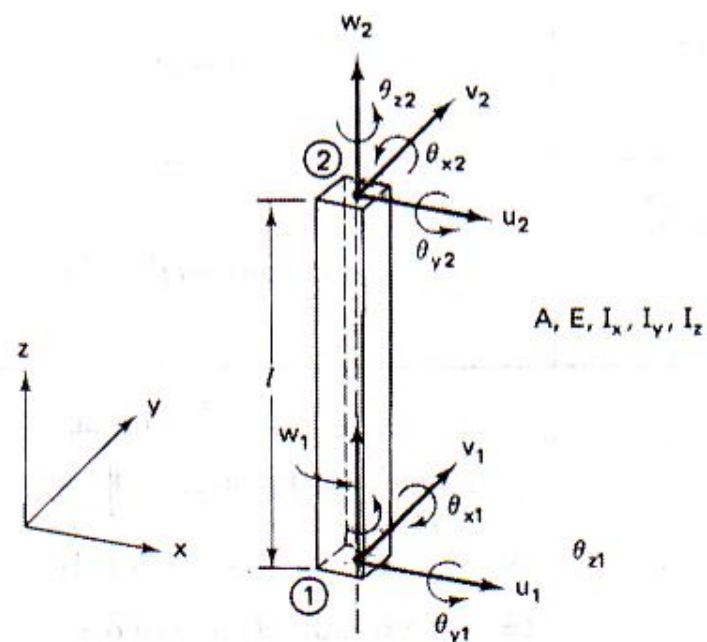
Tabel 2.2 : Konstanta Torsi Untuk Struktur Space Frame Dan Grid

Penampang	Rumus K Pada Kekakuan Torsi (GK/L)
	<p>Untuk $a > b$</p> $K = ab^3 \left[\frac{16}{3} - 3.36 \frac{b}{a} \left(1 - \frac{b^4}{12a^4} \right) \right]$
	<p>Untuk $a > b$</p> $K = \frac{2tt_1(a-t)^2(b-t_1)^2}{at + bt_1 - t^2 - t_1^2}$
	$K = 2.25a^4$
	$K = \frac{a^4 \sqrt{3}}{80}$
	$\frac{1}{2} \pi r^4$
	$0.5\pi \left((r+t)^4 - r^4 \right)$
	<p>$K = 2K_1 + K_2 + 2\alpha D^4$, di mana</p> $K_1 = ab^3 \left[\frac{1}{3} - 0.21 \frac{b}{a} \left(1 - \frac{b^4}{12a^4} \right) \right]$ $K_2 = \frac{1}{3} ca^3 \quad \alpha = \frac{t}{t_1} \left(0.15 + 0.1 \frac{r}{b} \right)$ <p>$t=b$ jika $b < d$ $t=d$ jika $d < b$ $T_1=b$ jika $b > d$ $t_1=d$ jika $d > b$</p>

Contoh aplikasi element FRAME lengkap (*space frame*) seperti berikut.



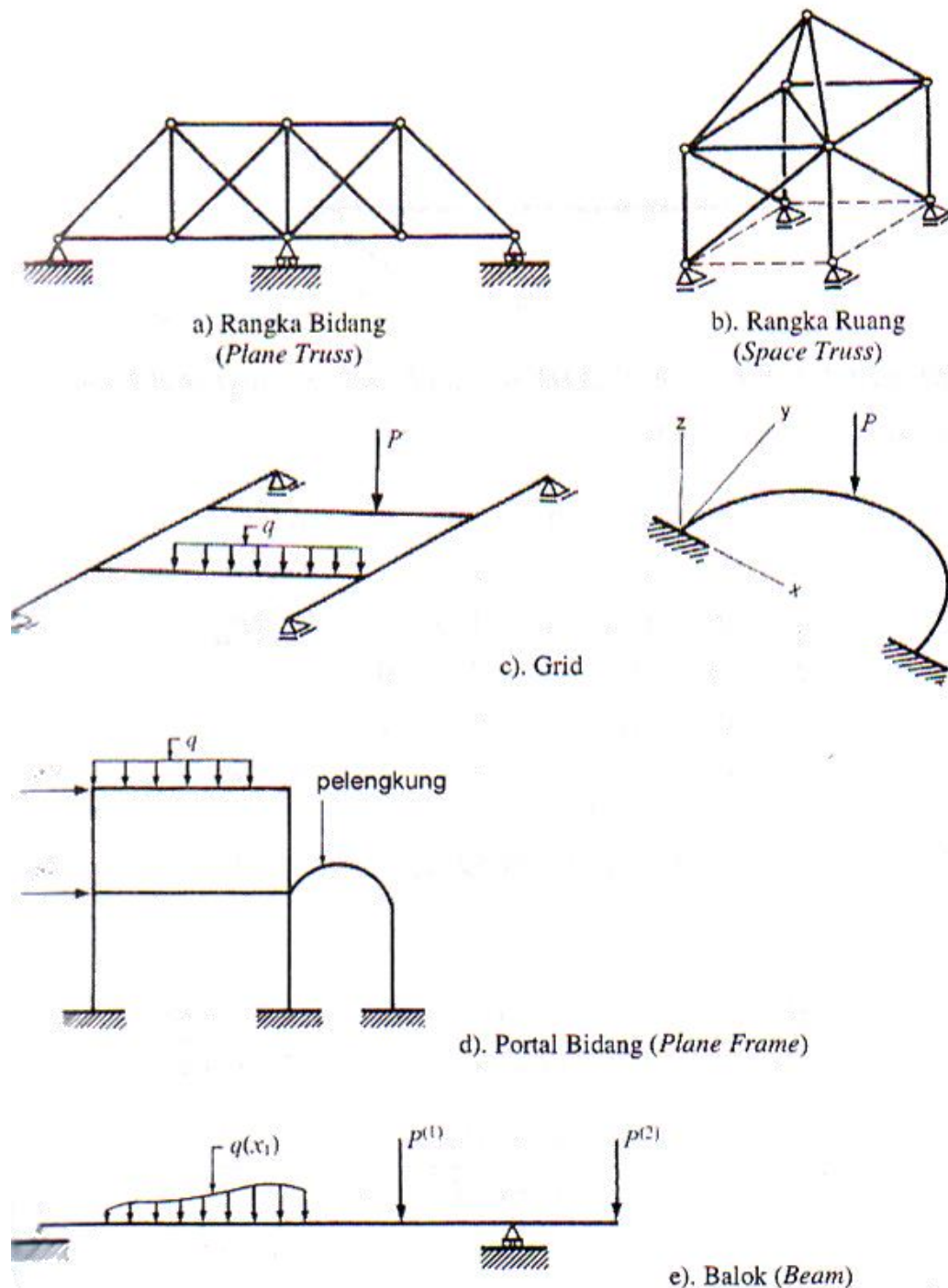
Gambar 2.6 Struktur Gedung yang Diidealisasi sebagai Space Frame



Gambar 2.7 Idealisasi Kolom dengan Element FRAME

Dalam banyak kasus sebenarnya struktur 3D (ruang) dapat didealisasikan sebagai struktur 2D (bidang), di mana metode penyelesaian yang dikembangkan untuk perhitungan manual, seperti Slope Deflection, Cross, Kani, Takabeya, dan lainnya merupakan contohnya.

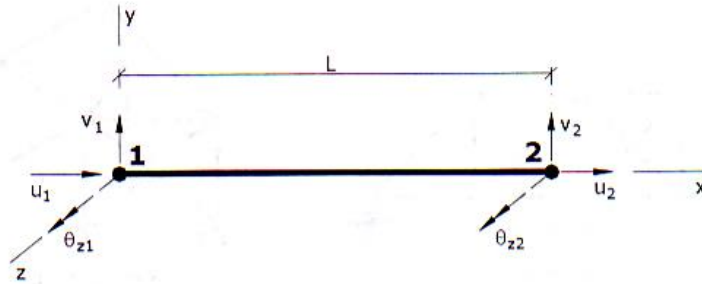
Bentuk-bentuk struktur hasil penyederhanaan struktur *Space Frame* seperti berikut.



Gambar 2.8 Model Struktur yang Diselesaikan dengan Element FRAME

2.5. Formulasi Portal Bidang (Plane Frame)

Selanjutnya akan ditinjau formulasi dari struktur-struktur tersebut di atas Struktur portal bidang (2D) relatif paling banyak digunakan. Elementnya dapat menerima gaya aksial sehingga dapat memanjang/memendek. Selain itu, dapat menerima beban transversal berupa gaya atau momen sehingga akan mengalami lentur dan geser.



Gambar 2.9 D.O.F Element FRAME sebagai Portal Bidang (Portal Frame)

Adapun isi matrik $[K]$ adalah :

$$[k] = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & -X & 0 & 0 \\ 0 & Y_1 & Y_2 & 0 & -Y_1 & Y_2 \\ 0 & Y_2 & Y_3 & 0 & -Y_2 & Y_4 \\ -X & 0 & 0 & X & 0 & 0 \\ 0 & -Y_1 & -Y_2 & 0 & Y_1 & -Y_2 \\ 0 & Y_2 & Y_4 & 0 & -Y_2 & Y_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ \theta_{z1} \\ u_2 \\ v_2 \\ \theta_{z2} \end{bmatrix}$$

Dimana

$$X = \frac{AE}{L}$$

$$\phi_y = \frac{12EI_z k_y}{A_y GL^2} \quad Y_1 = \frac{12EI_z}{(1 + \phi_y)L^3} \quad Y_2 = \frac{6EI_z}{(1 + \phi_y)L^2}$$

$$Y_3 = \frac{(4 + \phi_y)EI_z}{(1 + \phi_y)L} \quad Y_4 = \frac{(4 + \phi_y)EI_z}{(1 + \phi_y)L}$$

Jika deformasi terhadap gaya geser diabaikan, rumusan matrik kekuan di atas menjadi :

$$[k] = \begin{bmatrix} \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ \hline -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ \theta_{z1} \\ u_2 \\ v_2 \\ \theta_{z2} \end{bmatrix}$$

Catatan :

Input luas penampang di Aplikasi Computer Etabs dibedakan menjadi 3, yaitu :

1. *Cross – section (axial) area*, A.
2. *Shear area in 2 – diretion*, A_v 1-2 (deformasi geser bidang 1-2), digunakan untuk struktur bidang (portal 2D).
3. *Shear area in 3 – diretion*, A_v 1-3 (deformasi geser bidang 1-3), digunakan untuk struktur ruang (portal 3D).

Untuk melihat input data *section property* yang akan digunakan dalam formulasi element **FRAME**, caranya klik **Define – Frame Section – Modify/Show Section**, maka akan ditampilkan sifat-sifat penampnag yang baru, digunakan perintah **Define – Frame Section – Add ...** (... diisi dengan data penampang yang tersedia pada kotak dialog yang ada).

Tampilan dibawah ini merupakan tampilan penmapnag type General, yaitu yang nilai-nilainya harus diberi sau per satu secara manual. Untuk mendefinisikan, gunakan perinah **Define – Frame Section – Add general**.

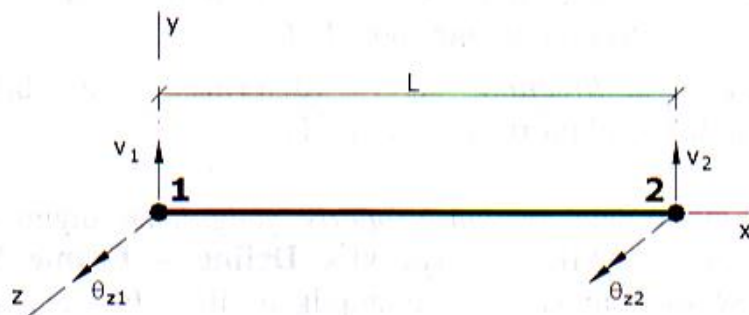
Gambar 2.10 Property Data untuk Element FRAME

Jadi, jika pengaruh gaya geser tidak mau ditinjau, misalnya untuk dibandingkan dengan metode analisa struktur cara konvensional dengan cara manual, seperti metode Cross, Slope Deflection, maka input data untuk item *Shear area in 2-direction* dan *Shear area in 3-direction* dalam kotak dialog Property Data harus dihilangkan dengan memberi nilai nol.

Parameter AE/L pada formulasi matrik $[K]$ portal bidang (dan tentu saja portal ruang) merupakan representasi dari kekakuan element searah sumbu aksial. Jika nilai A besar, berarti perpendekan/perpanjangan batang terhadap beban aksial akan kecil, dan sebaliknya. Kondisi ini menunjukkan bahwa deformasi aksial diperhitungkan.

2.6. Formulasi Balok (Beam)

Untuk struktur Balok dimana hanya gaya transversal saja yang diperhitungkan, maka deformasi aksial tidak perlu diperhitungkan.



Gambar 2.11 D.O.F Element FRAME sebagai Balok

Formulasi matrik $[K]$ untuk struktur Balok adalah :

$$[k] = \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 & -Y_1 & Y_2 \\ Y_2 & Y_3 & -Y_2 & Y_4 \\ -Y_1 & -Y_2 & Y_1 & -Y_2 \\ Y_2 & Y_4 & -Y_2 & Y_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ \theta_{z1} \\ v_2 \\ \theta_{z2} \end{bmatrix}$$

Dimana

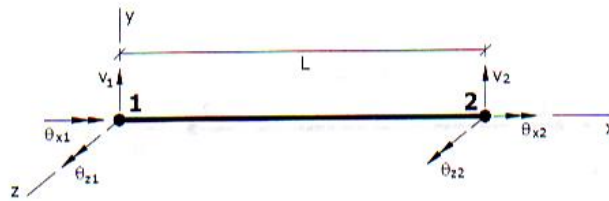
$$\begin{aligned} \phi_y &= \frac{12EI_z k_y}{A_y GL^2} & Y_1 &= \frac{12EI_z}{(1+\phi_y)L^3} & Y_2 &= \frac{6EI_z}{(1+\phi_y)L^2} \\ Y_3 &= \frac{(4+\phi_y)EI_z}{(1+\phi_y)L} & Y_4 &= \frac{(4+\phi_y)EI_z}{(1+\phi_y)L} \end{aligned}$$

Jika deformasi terhadap gaya geser diabaikan, rumusan matrik kekakuan di atas menjadi :

$$[k] = \begin{bmatrix} \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ \theta_{z1} \\ v_2 \\ \theta_{z2} \end{bmatrix}$$

2.7. Formulasi Grid

Struktur Grid hampir mirip dengan struktur Portal. Bedanya hanya pada pembebanan, yaitu tegak lurus bidang, tidak ada deformasi aksial tetapi ada torsi pada balok. Adanya torsi, maka pada formulasi matrik $[K]$ memerlukan data mengenai G ; konstanta torsi K dan inersia Polar J .



Gambar 2.12 D.O.F Element FRAME sebagai Grid

$$[k] = \begin{bmatrix} Y_1 & 0 & Y_2 & -Y_1 & 0 & Y_2 \\ 0 & S & 0 & 0 & -S & 0 \\ Y_2 & 0 & Y_3 & -Y_2 & 0 & Y_4 \\ -Y_1 & 0 & -Y_2 & Y_1 & 0 & -Y_2 \\ 0 & -S & 0 & 0 & S & 0 \\ Y_2 & 0 & Y_4 & -Y_2 & 0 & Y_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ \theta_{x1} \\ \theta_{z1} \\ v_2 \\ \theta_{x2} \\ \theta_{z2} \end{bmatrix}$$

Dimana

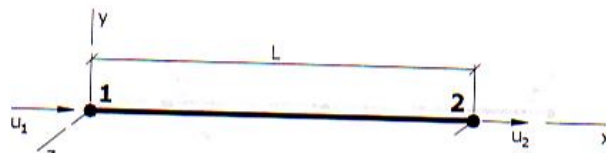
$$\begin{aligned} \phi_y &= \frac{12EI_z k_y}{A_v GL^2} & Y_1 &= \frac{12EI_z}{(1+\phi_y)L^3} & Y_2 &= \frac{6EI_z}{(1+\phi_y)L^2} \\ S &= \frac{GK}{L} & Y_3 &= \frac{(4+\phi_y)EI_z}{(1+\phi_y)L} & Y_4 &= \frac{(4+\phi_y)EI_z}{(1+\phi_y)L} \end{aligned}$$

Jika deformasi terhadap gaya geser diabaikan, rumusan matrik kekakuan di atas menjadi :

$$[k] = \begin{bmatrix} \frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} & -\frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{GK}{L} & 0 & 0 & -\frac{GK}{L} & 0 \\ \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{12EI}{L^3} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & -\frac{GK}{L} & 0 & 0 & \frac{GK}{L} & 0 \\ \frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{2EI}{L} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} v_1 \\ \theta_{x1} \\ \theta_{z1} \\ v_2 \\ \theta_{x2} \\ \theta_{z2} \end{Bmatrix}$$

2.8. Formulasi Rangka Batang (Truss)

Yang terakhir dari penyederhanaan element Frame adalah element Truss yaitu element yang hanya dapat menghitung deformasi aksial saja.



Gambar 2.13 D.O.F Element FRAME sebagai Truss

Oleh karena hanya memperhitungkan pengaruh deformasi geser, dan merupakan element matrik yang paling sederhana, yaitu:

$$[k] = \begin{bmatrix} \frac{AE}{L} & -\frac{AE}{L} \\ -\frac{AE}{L} & \frac{AE}{L} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix}$$

Catatan :

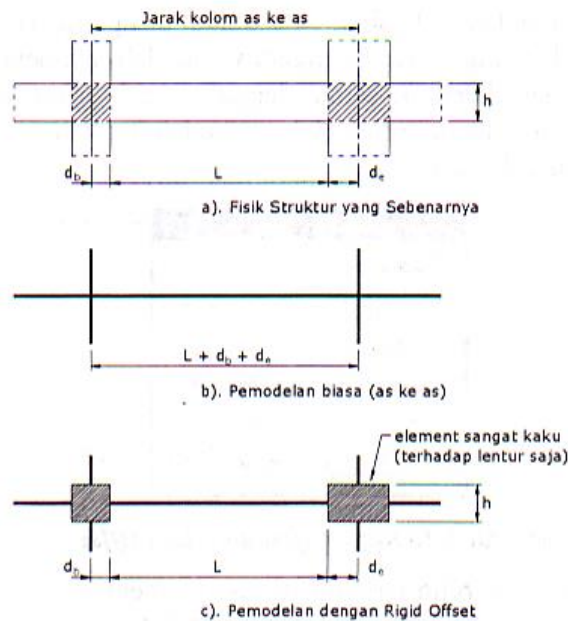
Untuk menganalisa struktur rangka batang yang stabil dengan program Aplikasi Computer Etabs, maka data properti penampang yang diperlukan hanya A (*Cross –section – axial area*). Sedangkan data properti penampang lain, khususnya untuk kekakuan lentur (momen inersia penampang), kekakuan torsi aksial G dan K, dapat dihilangkan (diberi nilai nol).

Jika digunakan data A (*Cross –section – axial area*), element batang tidak perlu di – *release* untuk menjadi element truss.

2.9. Rigid Offset

Dalam memodelkan suatu struktur, umumnya mengabaikan ukuran dari titik sambungan yang dianggap sebagai suatu titik saja sangat kecil/*infinite small*, dan umumnya cukup memadai untuk sebagian besar struktur rangka.

Pada konstruksi beton, sering dijumpai ukuran kolom relatif cukup besar dibandingkan panjang as-ke-as balok yang menghubungkannya. Jika ukuran sambungannya diabaikan, akan menghasilkan kesalahan signifikan.



Gambar 2.14 Pengaruh Dimensi Terhadap Pemodelan

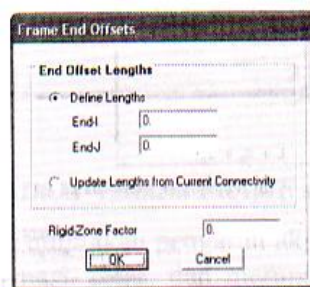
Jika ditinjau suatu struktur rangka beton yang baloknya menyatu ke kolom yang dianggap sangat kaku seperti yang diindikasikan pada gambar, ukuran dari bagian yang sangat kaku tersebut (tetapi tidak selalu) adalah sama dengan tinggi balok yang dihubungkannya.

Jika ukuran sambungan cukup kecil dibandingkan ukuran element kolom atau balok, pengaruhnya daerah yang sangat kaku terhadap analisis rangka secara keseluruhan relatif kecil sehingga dapat diabaikan. Untuk itu, dalam analisis dapat dilakukan "pemodelan biasa" dimana panjang balok adalah $L + d_b + d_c$ yaitu jarak as kolom ke as kolom berikutnya.

Jika ukuran sambungan tidak kecil seperti pada struktur beton tersebut, pengaruhnya harus diperhitungkan dalam analisis. Daerah pada sambungan yang dianggap mempunyai kekakuan yang relatif besar tersebut, jika dimodelkan disebut sebagai *rigid offset* atau dalam istilah Aplikasi Computer Etabs disebut juga sebagai *end offset*, yaitu daerah yang diberi arsir pada gambar 2.14.

Ada dua cara pendekatan yang umum digunakan untuk menghitung pengaruh *rigid offset*. Pendekatan pertama, *rigid offset* dianggap sebagai element batang yang sangat kaku $I = \infty$, misalnya $I = 1000 * I_{\text{girder}}$. Ini biasa dilakukan jika digunakan formulasi matrik sebagai portal biasa. Kerugian yang ditimbulkannya adalah jumlah nodal dan element yang dianalisis akan berlipat sehingga proses analisis lebih lama dan evaluasi hasil akan lebih banyak (kemungkinan timbulnya kesalahan juga semakin besar).

Alternatif pendekatan lain adalah memasukkan pengaruh *rigid offset* pada formulasi matrik kekakuan. Keuntungannya adalah element batang yang digunakan tetap asli, bersama-sama dengan *rigid offset* dapat diproses sebagai satu element batang saja. Hal ini sudah tercakup pada formulasi element Frame pada Aplikasi Computer Etabs.



Gambar 2.15 Rigid Offset atau End Offsets

Untuk dapat mengakses, pilih terlebih dahulu element yang akan diaktifkan. Selanjutnya dari menu **Assign – Frame – End Offsets** akan ditampilkan kotak dialog Frame End Offsets seperti Gambar 2.15.

Rigid-zone offset tidak mempengaruhi deformasi aksial maupun torsi, karena tidak ada daerah rigid untuk kedua deformasi tersebut.

Nilai default untuk Rigid Zone Factor = 0. Jika Rigid Zone Factor = 1 maka dianggap *end – offset* sebagai element yang sangat kaku (*fully rigid*). Pembuat program menyarankan untuk menggunakan *engineering judgment* dalam memilih parameter yang tepat. Sebab hal tersebut bergantung pada bentuk geometri dan type sambungan struktur, dan dapat berbeda untuk setiap sambungan yang ada. Secara umum, manual program menyatakan bahwa Rigid Zone Factor ≤ 0.5 .

Bab 3

Efek P-Delta

3.1. Pendahuluan

Analisa struktur orde pertama dari bangunan kolom/dinding vertikal yang secara simultan menerima gaya transversal dan aksial gravitasi (vertikal), hanya akan menghasilkan perpindahan horizontal yang diakibatkan gaya lateral saja. Pengaruh interaksi aksial gravitasi terhadap perpindahan horizontal tidak diperhitungkan dalam analisis dan dianggap tidak ada. Kenyataannya, saat beban transversal bekerja yang menyebabkan *drift* (perpindahan horizontal) akan menghasilkan suatu eksentrisitas beban gravitasi terhadap sumbu vertikal kolom atau dinding. Eksentrisitas tersebut akan menghasilkan momen tambahan internal yang dapat mempengaruhi momen hasil analisis orde pertama. Pengaruh beban gravitasi P pada perpindahan horizontal Δ dikenal dengan sebutan efek P-Delta, sedangkan analisisnya adalah analisa orde ke-2 atau analisa P-Delta.

Tambahan lendutan dan momen akibat efek P-Delta pada analisa orde ke-2, pada umumnya kecil untuk type bangunan umum, kira-kira 5% dari hasil analisis orde pertama. Akan tetapi, jika strukturnya fleksibel (kolomnya langsing) dan beban aksial yang dipikul besar (bangunan bertingkat banyak), efek P-Delta tidak dapat diabaikan dalam desain.

Element Frame pada Aplikasi Computer Etabs telah memasukkan formulasi untuk analisa P-Delta. Jika diaktifkan, program akan memperhitungkan pengaruh beban aksial yang besar terhadap perilaku momen lentur transversal. Gaya aksial tekan akan mengurangi kekakuan lentur, sedangkan gaya aksial tarik memperkaku. Meskipun termasuk analisa non-linier geometri, tetapi analisa P-Delta dengan program Aplikasi Computer Etabs belum memperhitungkan efek lendutan yang besar. Jadi, asumsinya bahwa geometri struktur sebelum dan sesudah dibebani dianggap masih sama (tidak ada perubahan geometri).

Option P-Delta sangat berguna untuk memperhitungkan pengaruh beban gravitasi terhadap kekakuan lateral bangunan bertingkat yang diatur dalam spesifikasi khusus pada peraturan perencanaan, seperti ACI dan AISC. Pada bangunan yang bergoyang (*sway*) untuk desain beton, pembesaran momen harus dilakukan dengan analisa orde ke-2. Oleh karena itu, dalam perencanaan struktur beton bertulang seperti itu, analisa P-delta diperlukan.

Kecuali itu, dapat juga digunakan untuk menganalisa struktur kabel, seperti yang terdapat pada jembatan gantung, jembatan *cable-stayed*, dan pengangkuran pada menara (*guyed tower*), atau aplikasi lain yang sejenis.

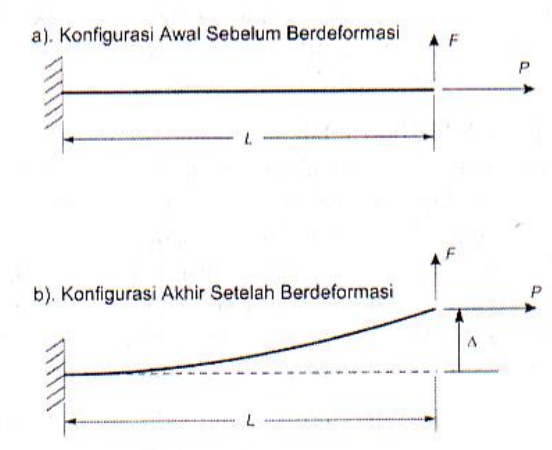
Pengaruh P-Delta secara nyata mengubah karakteristik struktur sehingga berpengaruh terhadap hasil analisa termasuk analisa statik/dinamik, garis pengaruh, dan beban bergerak pada jembatan.

Asumsi dan keterbatasan analisa P-Delta dalam program Aplikasi Computer Etabs adalah:

- Pengaruh P-Delta hanya dianalisa pada element Frame saja, meskipun element lain juga terdapat pada model yang ditinjau.
- Hanya pada tegangan aksial yang besar yang mengakibatkan banding transversal dan deformasi geser yang diperhitungkan.
- Deformasi pada struktur dianggap relatif sangat kecil.
- Lendutan transversal berbentuk kubik untuk lentur, dan linier untuk geser pada daerah *rigid zone offsets*.
- Gaya aksial P-Delta dianggap konstan sepanjang element.

3.2. Konsep Dasar Pengaruh P-Delta

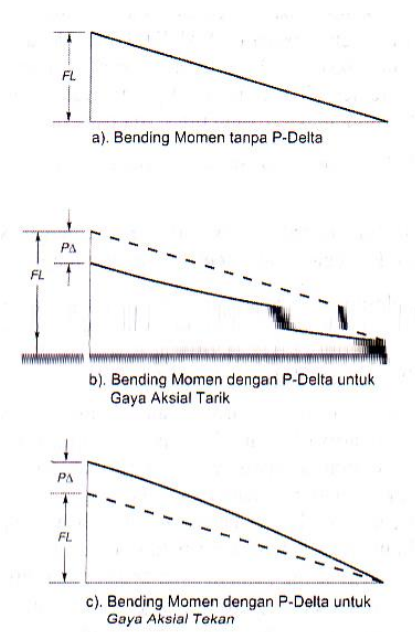
Konsep dasar dari pengaruh P-Delta digambarkan dalam contoh berikut.



Gambar 3.1 *Kantilever Dibebani Gaya Aksial dan Transversal Sekaligus*

Balok kantilever diberi beban aksial P dan gaya transversal F diujungnya, seperti pada Gambar 3.1. Gaya aksial sepanjang balok sama dengan P. Jika keseimbangan ditelaah pada konfigurasi

awal sebelum struktur berdeformasi, momen pada tumpuan adalah $M = F \cdot L$, dan berkurang sampai nol pada ujung balok. Jika kemudian persamaan keseimbangan ditinjau pada geometri setelah berdeformasi, ada tambahan momen akibat gaya aksial P dan eksentrisitas yang diakibatkan oleh terjadinya deformasi transversal dari pembebanan F . Momen sekarang tidak lagi bervariasi linier sepanjang balok, tetapi bergantung pada bentuk lendutan yang dihasilkan oleh gaya F tadi sebelumnya.



Gambar 3.2 Momen Diagram Kantilever Terhadap Gaya Aksial dan Transversal

Untuk perhitungan P-Delta yang menyebabkan momen tambahan, hanya dari eksentrisitas akibat deformasi transversal saja.

3.3. Gaya Aksial P-Delta

Gaya aksial yang diperhitungkan dalam analisa P-Delta dapat diberikan dengan dua cara, yaitu:

- Menetapkan secara langsung gaya aksial pada element Frame.
- Memberikan kombinasi gaya statik yang dihitung komputer iteratif.

Selanjutnya gaya aksial P-Delta tersebut diatas, akan saling ditambahkan menjadi gaya aksial total P-Delta untuk setiap elemen Frame. Gaya tadi hanya digunakan untuk memodifikasi persamaan keseimbangan dan tidak diperhitungkan terhadap gaya normal yang dihasilkan dari pembebanan.

3.4. Tekuk/Buckling

Gaya aksial tekan P-Delta yang besar menyebabkan struktur mengalami tekuk (*buckle*). Tekuk lokal pada element atau struktur secara keseluruhan dapat mungkin terjadi, tetapi program Aplikasi Computer Etabs tidak dapat membedakannya. Jika program mendeteksi tekuk, program akan berhenti dan tidak ada hasilnya. Kondisi itu terjadi karena tekuk memerlukan analisa yang perlu memasukkan efek lendutan besar yang tidak ada pada program Aplikasi Computer Etabs.

Tekuk dapat dideteksi selama iterasi melalui beberapa tahapan yang mungkin terjadi, yaitu:

- Ketika membentuk matrik kekakuan: jika ada gaya aksial tekan yang besar, terjadi nilai negatif pada koefisien matrik diagonal.
- Ketika menyelesaikan persamaan keseimbangan: dihasilkan koefisien diagonal matrik bernilai nol atau negatif.

Pada salah satu kasus diatas, analisa akan dihentikan. Dengan demikian, untuk mengetahui besarnya beban tekuk, perlu estimasi. Program Aplikasi Computer Etabs tidak menyediakan option otomatis untuk melakukan estimasi tersebut. Oleh karena itu, diperlukan suatu rangkaian analisis dengan cara *trial-error* secara bertahap, dimana setiap tahapan bebannya ditambah sampai terjadi tekuk. Jika digunakan kombinasi beban, jangan lupa untuk tetap mempertahankan proporsional beban bagi setiap penambahan beban pada setiap iterasinya. Hal tersebut penting, karena beban tekuk itu tidak hanya satu. Akan tetapi, bisa lebih untuk konfigurasi beban yang berbeda sehingga jika proporsinya berbeda, tentu saja beban tekuk akan berlainan sehingga antara iterasi satu dengan sebelumnya tidak sama.

Untuk mendeteksi tekuk lokal, element yang diduga akan mengalami tekuk dapat dibagi menjadi dua element dalam modelnya.

3.5. Aplikasi Praktis

Beberapa petunjuk praktis yang diambil dari manual mengenai pemakaian P-Delta dalam analisis adalah sebagai berikut.

3.6. Struktur Bangunan Gedung

Pada struktur gedung umumnya, khususnya bangunan tinggi, efek P-Delta dapat mungkin terjadi khususnya untuk kolom langsing terhadap pembebanan gravitasi, termasuk beban mati

dan hidup. Pengaruhnya dapat menyebabkan kolom tersebut semakin lentur terhadap pembebanan lateral.

Code perencanaan (ACI 1995; AISC 1994) umumnya mengenali ada dua tipe efek P-Delta, yaitu 1) akibat struktur secara keseluruhan yang bergoyang, dan 2) akibat deformasi pada bagian dalam element diantara kedua nodal ujungnya. Kondisi yang pertama umumnya lebih signifikan, dapat dihitung secara akurat untuk setiap beban vertikal total pada lantai akibat beban gravitasi saja dan tidak terpengaruh beban lateral. Sedangkan untuk kondisi yang kedua, umumnya hanya terjadi pada kolom yang langsing. Untuk itu, dalam analisisnya memerlukan gaya aksial gravitasi sekaligus gaya lateral.

APLIKASI COMPUTER ETABS dapat menghitung kedua macam P-Delta tadi. Meskipun demikian, direkomendasikan bahwa kondisi pertama akan diantisipasi dalam tahapan analisis, sedangkan yang kedua diperhitungkan dalam tahap desain (*post-processing*) menggunakan faktor pembesaran momen sesuai code perencanaan (White and Hajjar 1991). Dengan cara itulah, program SAP200 melakukan perancangan struktur beton dan baja.

Pengaruh P-Delta akibat goyangan (sway) struktur dapat diperhitungkan secara teliti dan efisien (bahkan untuk struktur yang dimodelkan dengan satu element saja) memakai beban mati dan hidup terfaktor sebagai beban kombinasi P-Delta. Konvergensi iterasi dalam analisa P-Delta akan tercapai secara cepat dan umumnya hanya cukup dengan satu kali iterasi.

3.7. Struktur Kabel

Efek P-Delta sangat penting untuk menghasilkan kekakuan dari jembatan gantung, cable-stayed, maupun struktur kabel yang lain. Kekakuan lateral kabel sepenuhnya adalah dari gaya aksial tarik, karena kabel sangat lentur jika tidak diberi tegangan tarik.

Cara yang paling mudah untuk memodelkan adalah dengan memberikan secara langsung gaya aksial P-Delta pada kabel tersebut, jika gayanya diketahui. Jika tidak memungkinkan, beban kombinasi P-Delta dapat diberikan asalkan lendutan yang terjadi jangan sampai mengubah banyak geometri. Pada banyak struktur kabel, gaya tarik pada umumnya disebabkan gaya gravitasi sehingga relatif tidak dipengaruhi oleh beban yang lain. Jika demikian, sebaiknya

mendefinisikan beban kombinasi P-Delta sesuai dengan beban kombinasi yang realistik dari beban mati dan beban hidup. Hal tersebut sangat penting, karena kekakuan lateral kabel kira-kira proporsional dengan gaya aksial P-Delta.

Untuk memodelkan kabel, dipakai element Frame. Jika ada beban terpusat, element tunggal cukup. Akan tetapi, jika bebannya merata (termasuk berat sendiri, sebaiknya didekati dengan beberapa element. Perlu diingat, bahwa beban terpusat tidak boleh diberikan sebagai pembebanan pada element batang, tetapi harus dijadikan beban nodal.

Setiap elemet untuk memodelkan kabel, harus cukup kecil dan mempunyai kekakuan yang realistik. Jika tidak, struktur tersebut dapat mengalami ketidakstabilan pada saat iterasi meskipun gaya tarik yang diperlukan untuk kekakuan kabel tersebut belum tercapai. Untuk suatu alasan (manual tidak menjelaskan), kedua ujung element kabel tidak boleh di-release. Bentuk geometri dari kabel sepenuhnya bergantung pada pembebanan yang diberikan. Oleh karena APLIKASI COMPUTER ETABS hanya dapat menghitung lendutan kecil, maka sangat penting untuk mendefinisikan geometri kabel (koordinat nodalnya) agar mendekati bentuk struktur setelah dibebani. Untuk itu, mungkin perlu penyesuaian ulang bentuk geometrinya setelah suatu analisis awal.

Jika pemanjangan atau rotasi pada kabel sangay besar, hasil analisa P-Delta akan ngaco (tidak akurat).

Efek P-Delta hanya berpengaruh pada kekakuan transversal dan bukan kekakuan aksial. Oleh karena itu, element Frame yang memodelkan kabel dapat memikul gaya aksial tekan sama baiknya dengan gaya aksial tarik meskipun hal tersebut tentu saja tidak realistik. Untuk itu, hasilnya harus selalu dipantau agar kondisi tersebut tidak terjadi.

Konvergensi pada struktur yang mengalami stiffening lebih lambat dari struktur yang softening sehingga diperlukan beberapa kali iterasi.

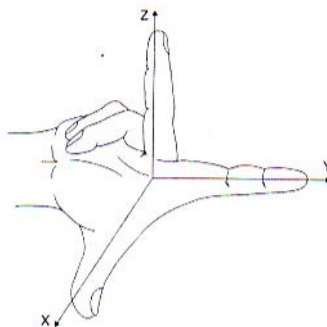
3.8. Guyed Towers

Guyed towers atau menara yang ditahan kabel atau sejenisnya, kabelnya diberi gaya aksial besar melalui alat khusus yang menyebabkan kabel memendek. Struktur jenis tersebut dapat dianalisis seperti cara struktur jembatan kabel.

Beban thermal menyebabkan efek yang sama dengan pemendekan kabel. Beban kombinasi P-Delta harus memasukkan beban tersebut, dan juga beban lain jika ada yang menyebabkan gaya yang signifikan pada kabel, seperti gaya gravitasi atau angin. Beberapa kali analisa diperlukan untuk menentukan besarnya perubahan temperatur yang diperlukan untuk menghasilkan efek gaya tarik pada kabel. Alternatif lain, gaya aksial P-Delta dapat diberikan langsung pada kabel tower.

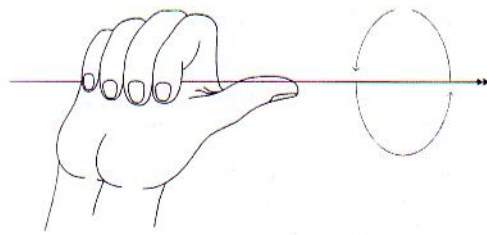
3.9. Sistem Sumbu Koordinat (Global & Lokal)

Sistem koordinat digunakan untuk menempatkan geometri model struktur dan menentukan arah pembebanan, perpindahan, gaya internal, dan tegangan yang terjadi. Semua sistem koordinat yang digunakan dalam permodelan menyatakan terhadap satu sistem koordinat global, sedangkan setiap bagian nodal, element, atau constraint) dapat memiliki sistem sumbu koordinat tersendiri (koordinat lokal).



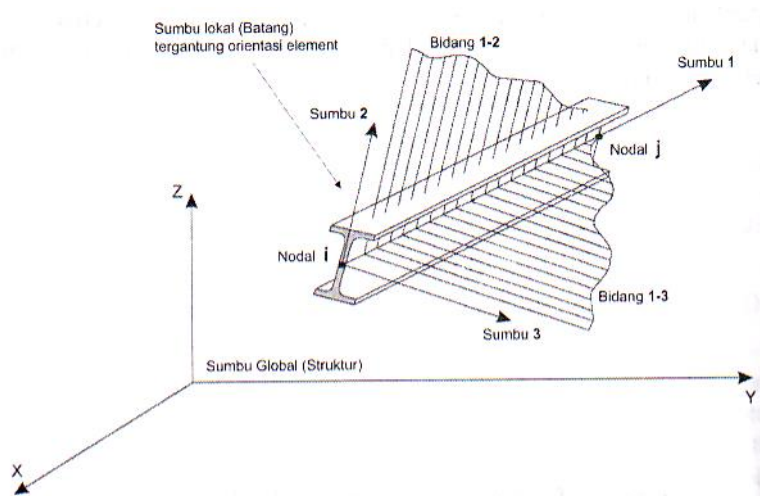
Gambar 3.3 Sistem Sumbu dengan Kaidah Tangan Kanan

Sistem koordinat yang digunakan adalah sistem koordinat tiga dimensi persegi (Cartesian) yang mengacu kaidah tangan kanan. Dengan tangan kanan (ibu jari, telunjuk, dan jari tengah) membentuk garis yang saling tegak lurus satu sama lain, dan arah yang ditunjukkan oleh ketiga jari tangan kanan menunjukkan arah positif sistem sumbu koordinat. Dimana ibu jari sebagai sumbu X, telunjuk sebagai sumbu Y, dan jari tengah sebagai sumbu Z.



Gambar 3.4 Rotasi Positif dengan Kaidah Tangan Kanan

Translasi atau gaya mempunyai arah positif jika selaras dengan sistem sumbu koordinat arah positif. Sedangkan untuk rotasi dan momen yang berarah positif, ditentukan dengan bantuan tangan kanan juga. Untuk menjelaskan rotasi atau momen, tangan kanan yang digunakan diminta dalam posisi menggenggam ibu jari mengarah ke luar, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.18. arah jempol menunjukkan arah sumbu putaran, sedangkan arah yang ditunjukkan oleh keempat jari-jari yang menggenggam menunjukkan arah putaran momen dan rotasi.



Gambar 3.5 Sistem Koordinat Persegi (Cartesian) dalam Aplikasi Computer Etabs

Aplikasi Computer Etabs selalu menganggap sumbu Z terletak vertikal dengan sumbu +Z ke atas. Sistem koordinat lokal dari nodal, element, dan akselerasi tanah dinyatakan terhadap sumbu vertikal tersebut. Berat sendiri struktur (*self-weight loading*) arahnya selalu ke bawah dalam arah sumbu-Z.

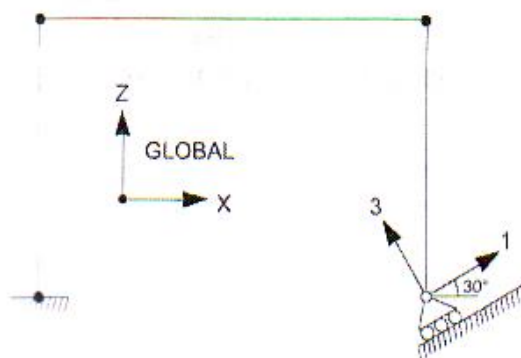
Bidang X-Y adalah horizontal. Arah horizontal utama adalah +X. Suatu sudut pada bidang horizontal diukur dari sumbu positif X dengan sudut bernilai positif jika membentuk arah berlawanan dengan arah jarum jam (jika dilihat dari atas pada bidang X-Y).

Sistem koordinat global disebut sebagai sistem koordinat tetap, karena digunakan untuk menetapkan semua geometri model struktur keseluruhan.

Nodal, element, atau constraint model struktur dapat mempunyai sistem koordinat tersendiri yang disebut sebagai sistem koordinat lokal yang diberi nama sumbu 1,2,3. Tetap default, sistem koordinat sumbu lokal 1-2-3 dari suatu nodal adalah identik dengan sistem koordinat global X-Y-Z.

Meskipun demikian, diperlukan sistem koordinat lokal yang berbeda pada beberapa nodal jika ditemui hal-hal berikut.

- *Skewed Restraints* (tumpuan pada bidang miring)



- *Constraints* akibat pengaruh simetri dari suatu rotasi.
- Perpindahan nodal dan gaya ditentukan lain dari sistem koordinat global. Jika tidak, semua nodal mengacu koordinat global.

3.10. Orientasi Sumbu Lokal Element

Untuk element Frame, Shell, dan Nlink, salah satu sumbu element akan ditentukan dari kedudukan geometri element tersebut terhadap sumbu global, dan selanjutnya kedua sumbu lain dapat ditetapkan tersendiri berdasarkan suatu vektor acuan atau nilai sudut rotasi tertentu.

Adapun tetapan default untuk sistem koordinat lokal pada element Frame adalah sebagai berikut.

3.11. Sumbu1 – Longitudinal

Sumbu lokal 1 selalu terletak pada sumbu longitudinal element batang arah positifnya adalah dari nodal I ke arah nodal J element batang ditentukan pada saat membuat geometri struktur).

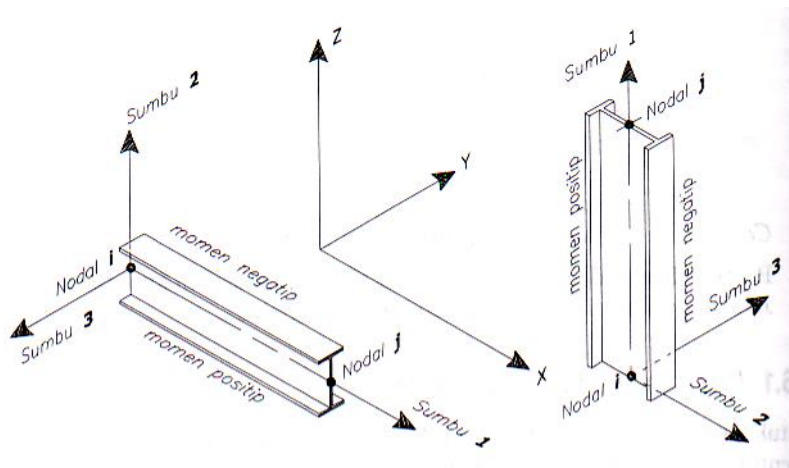
3.12. Orientasi Default

Orientasi default sumbu 2 dan sumbu 3 ditentukan dari hubungan antara sumbu 1 dan sumbu Z global, sebagai berikut:

- Bidang 1 – 2 terletak vertikal, sejajar dengan sumbu Z.
- Sumbu 2 lokal pada arah vertikal ke atas (+Z) kecuali element yang berorientasi vertikal (kolom) dimana sumbu 2 lokal terletak pada bidang horizontal searah dengan sumbu +X.
- Sumbu 3 lokal terletak pada bidang horizontal (bidang X-Y)

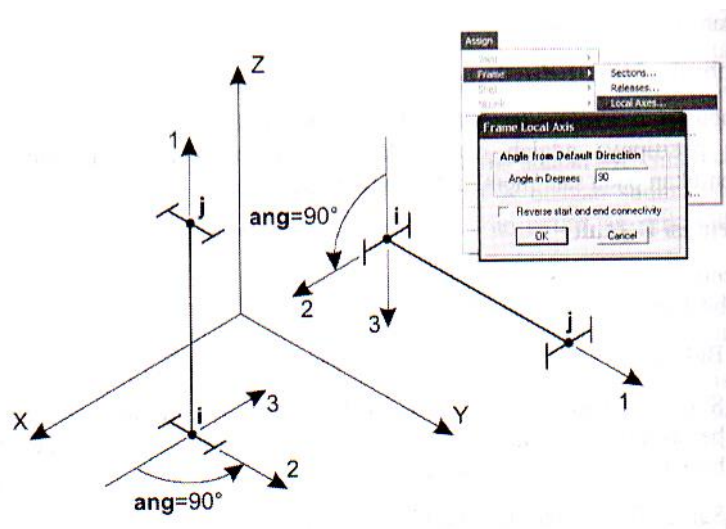
Suatu element dianggap vertikal jika sinus sudut sumbu lokal 1 dan sumbu global Z kurang dari 0.001.

PERHATIAN: Pelajari dengan baik perbedaan orientasi sumbu lokal antara element vertikal (kolom) dan bukan vertikal (balok). Hanya dengan menggeser sedikit saja ujung kolom sehingga sinus sudut sumbu 1 > 0.001 maka kolom tersebut sudah mengikuti perjanjian tanda untuk balok.



Gambar 3.6 Orientasi Default Batang Terhadap Sumbu Global

3.13. Mengubah Orientasi Element

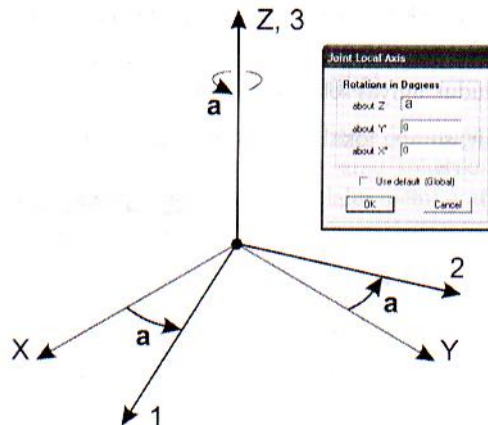


Gambar 3.7 Mengubah Orientasi Sumbu 2 dan 3

Orientasi default sangat cocok untuk pemodelan portal bidang. Selanjutnya untuk pemodelan portal ruang perlu mengetahui bagaimana mengubah orientasi element. Untuk mengubah orientasi sumbu lokal 2 dan lokal 3 dilakukan dengan mengubah sudut koordinat element, **ang**. Jika nilai **ang** $\neq 0$ maka sudut sumbu lokal 2 dan 3 akan berputar terhadap sumbu lokal 1 positif, sedangkan sumbu lokal 1 selalu dari nodal **i** ke nodal **j**.

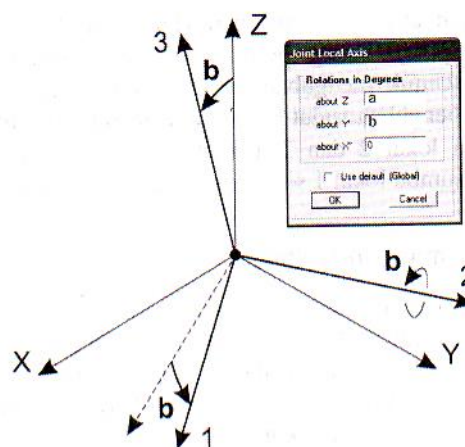
3.14. Orientasi Sumbu Lokal Nodal

Orientasi sistem koordinat lokal suatu nodal sama dengan orientasi sistem koordinat global (default). Apabila diperlukan, selanjutnya dapat diubah berdasarkan parameter sudut **a**, **b**, dan **c** yang diberikan melalui perintah **Assign – Joint – Local Axis**, yang mengacu pada perputaran sumbu dengan urutan-urutan langkah sebagai berikut.



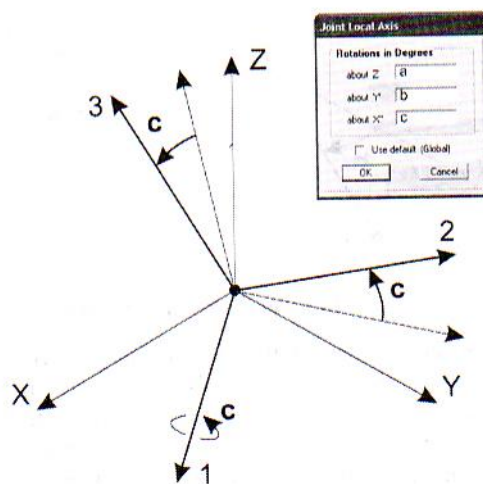
Gambar 3.8 Langkah 1: Pemutaran Nodal

1. Pertama kali, sistem sumbu lokal sebelum diputar mempunyai orientasi sama dengan sumbu global, yaitu Sumbu +3 = Sumbu +Z. Selanjutnya orientasi nodal diubah dengan memutar terhadap sumbu +3 sebesar sudut **a**. Oleh karena dilakukan pemutaran pada sumbu Z atau 3, maka vektor arah sumbu Z atau sumbu 3 tidak mengalami perubahan. Sedangkan vektor arah sumbu X atau 1, dan sumbu Y atau 2 berputar. Arah positif jika berlawanan dengan arah jarum jam, dan sebaliknya. Ingat kaidah tangan kanan.



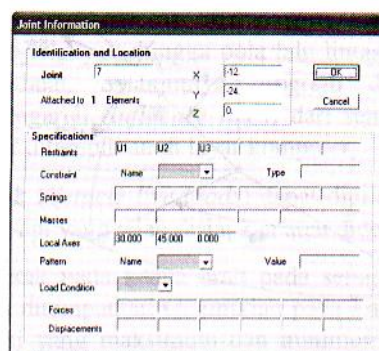
Gambar 3.9 Langkah 2: Pemutaran Nodal

2. Selanjutnya sumbu lokal diputar lagi terhadap sumbu +2 (yang telah berubah kedudukannya) sebesar sudut b.
3. Yang terakhir, sumbu lokal diputar terhadap sumbu +1 sebesar sudut c.



Gambar 3.10 Langkah Terakhir Pemutaran Nodal

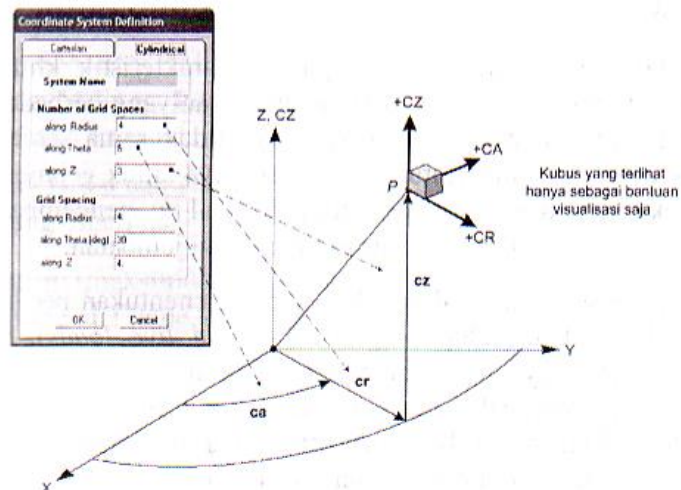
Tentu saja, jangan lupa untuk memilih (Select) nodal-nodal yang akan diputar sumbu lokalnya. Untuk mengetahui informasi dari suatu titik nodal termasuk orientasi sumbu lokalnya, gunakan mouse untuk memilih nodal dan klik tombol mouse kanan sehingga akan ditampilkan Joint Information sebagai berikut.



Gambar 3.11 Informasi Mengenai Suatu Nodal yang Dipilih

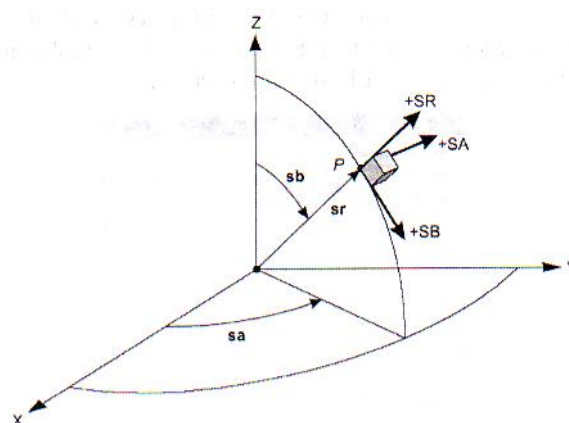
3.15. Sistem Koordinat Silinder dan Sferikal

Posisi nodal dan arah selain menggunakan sistem koordinat Cartesian juga dapat menggunakan sistem koordinat silinder atau sferikal. Hanya sistem koordinat silinder yang dapat didefinisikan melalui menu grafis APLIKASI COMPUTER ETABS.



Gambar 3.12 Sistem Koordinat Silinder

Untuk pemodelan permukaan (element Shell), sistem koordinat Spherical sangat membantu, tetapi menu grafis tidak tersedia dan harus diakses dengan memasukkan data menggunakan file.



Gambar 3.13 Sistem Koordinat Sferikal

Catatan: koordinat nodal non-kartesian akan dikonversi ke sistem koordinat kartesian sumbu global ketika dicetak ke file output *. EKO

Bab 4

Aplikasi Program Modul 1

4.1. Modul 1

Model 1: Membuat model gedung 3 lantai dengan fasilitas Two Way or Ribbed Slab.

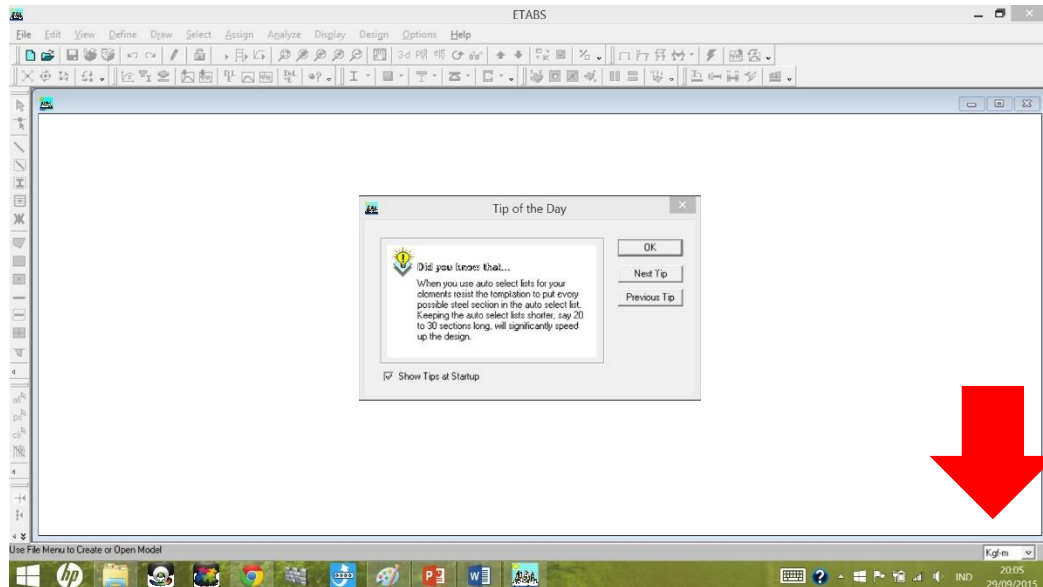
- Dalam model 1 ini akan diberikan contoh bangunan gedung 3 lantai
- Jumlah kolom line pada arah sumbu X berjumlah 4, dengan jarak antar kolom masing masing adalah 6 meter
- Jumlah Kolom line pada arah Y berjumlah 5 kolom dengan jarak antar kolom masing masing adalah 8 meter.
- Tinggi tingkat untuk lantai dasar adalah 4 meter
- Tinggi tingkat untuk lantai typical 3,5 meter
- Beban yang bekerja: Beban mati sebesar 125 kg/m^2 dan Beban Hidup sebesar 250 kg/m^2

ETABS NON LINEAR V 9.7.4. Sebagai Alat Bantu dalam Analisa Struktur Teknik Sipil



Langkah 1:

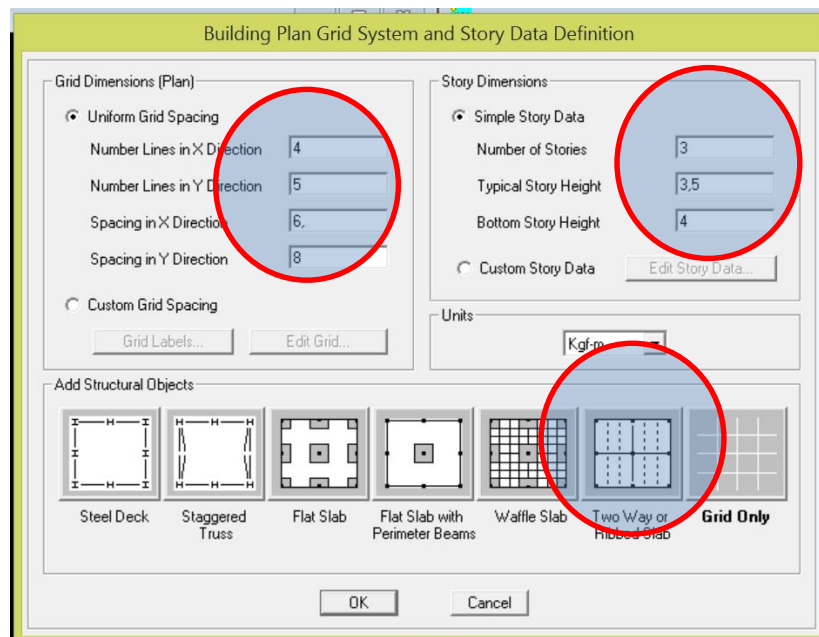
Buka file ETABS



- Klik ----- OK -----
- Sebelum memulai menjalankan program ETABS pastikan satuan yang digunakan pilihlah ***Kg-m***

Langkah 2:

- File ----- New Model -----
- Klik No maka pada layar akan muncul

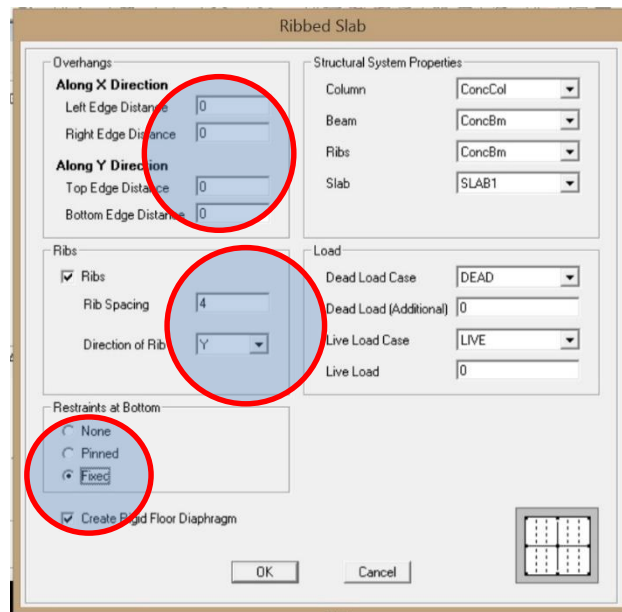


- Isilah pada Building Plan Grid System and Story Data Definition

Grid dimension plan	Story Dimensions
Number lines in X direction : 4	Number of Stories : 3
Number lines in Y direction : 5	Typical Story Height : 3,5
Spacing in X direction : 6	Bottom Story Height : 4
Spacing in Y direction : 8	

 Pada Add Structural Objects pilihlah : **Two Way or Ribbed Slab**

Maka akan muncul window Ribbed Slab seperti dibawah ini, masukkan data seperti dibawah ini



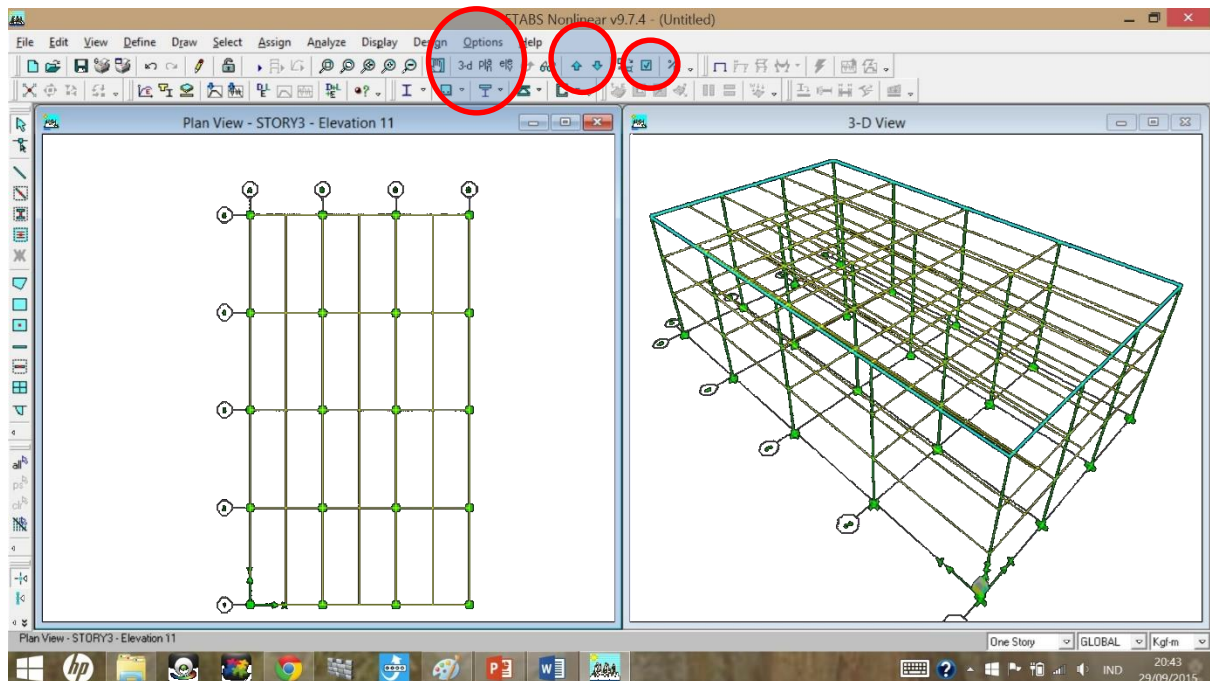
- Masukan data Overhangs :

Along X Direction	Ribs :
Left Edge Distance : 0	Rib Spacing : 4
Right Edges Distance : 0	Direction of Rib : Y
Along Y Direction	Restrains At Bottom
Top Edge Distance : 0	Pilihlah : Fixed
Bottom Edges Distance : 0	

Maka pada layar akan muncul window seperti dibawah ini:

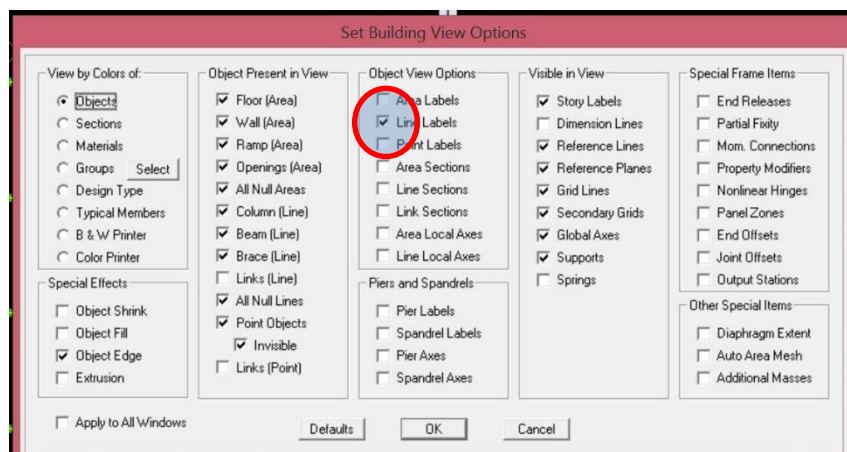
Pada layar utama akan tampak tampilan disebelah kiri **Plan View** - sedangkan disebelah kanan **3D View**.

Langkah 3:

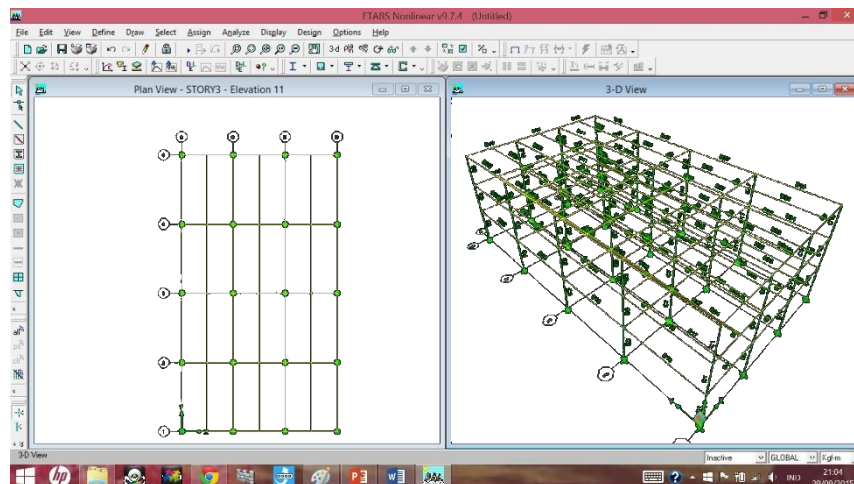


- Untuk mengubah ubah tampilan maka dapat menggunakan fasilitas *Set Default 3D View, Set Plan View, dan Set Elevation View*
- Sedangkan untuk memindah posisi Plan atau Elevation bisa digunakan fasilitas *Move Up In List dan Move Down In List*
- Untuk menampilkan informasi pada layar maka dapat digunakan fasilitas *Set Building View Option*

Dicoba klik *Line Labels*



Maka akan muncul pada layar yaitu label dari masing masing line



- Untuk mencoba menu menu lain dapat dicoba dengan memberi tanda centang dan lihatlah pengaruhnya pada layar utama.
- Informasi lain dapat diperoleh dengan cara langsung di klik pada elemen yang dipilih lalu klik kanan maka akan muncul window seperti dibawah ini

Line Information

Location | Assignments | Loads

Identification

Label: B13 Line Type: Beam

Story: STORY3 Design Procedure: Concrete Frame

Length	6,
Start Point (I)	5
Story	STORY3
X	0,
Y	32,
Delta Z	0,
End Point (J)	10
Story	STORY3
X	6,
Y	32,
Delta Z	0,

Units: Kgf-m

OK

Informasi yang ditampilkan terdiri atas 3 kategori yaitu :

Location, Assignment, dan Loads

Langkah 4:

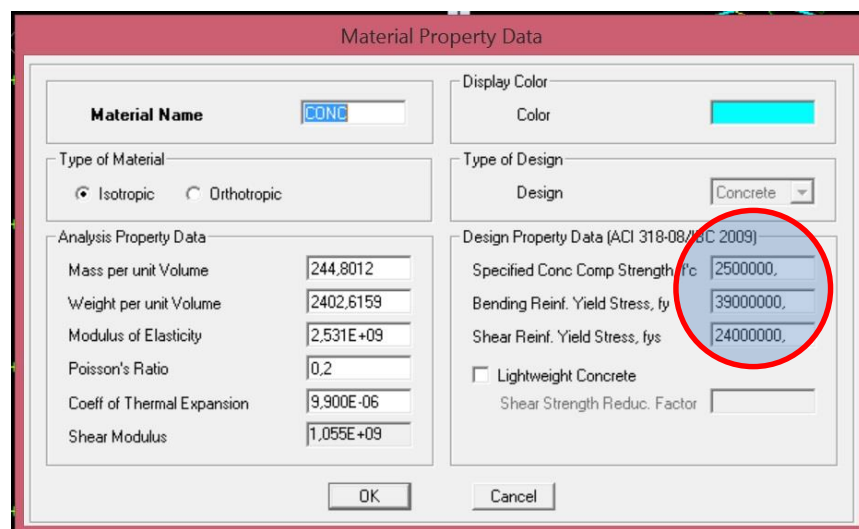
Pada langkah 1 – langkah 3 telah dilakukan pembuatan geometri struktur, pada langkah selanjutnya maka dilakukan pendefinisian pada **Material, Frame section, dan Wall/Slab/Deck Section**.

- Pendefinisian material:

Pilih Define ----- Material Properties ----- Modify/Show material ----- OK—

Lalu akan muncul window seperti dibawah ini.

Isikan data material property data



Design properti Data (ACI 318-08/IBC 2009)

Special Conc Comp Strength f'_c = 2.500.000 kg/m²

Bending Reinf. Yield Stress, f_y = 39.000.000 kg/m²

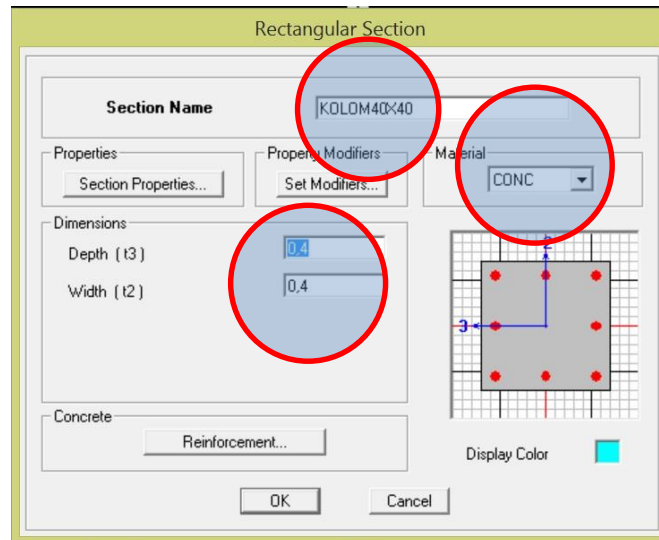
Shear Reinf. Yield Stress, f_{ys} = 24.000.000 kg/m²

Sedangkan data analysis property data tidak perlu di isikan karena sudah sesuai dengan mutu beton yang dimaksud.

- Pendefinisian Frame Section: (akan membuat properties kolom)

Pilih Define ----- Frame Section ----- Add Rectangular

Lalu akan muncul window seperti dibawah ini.

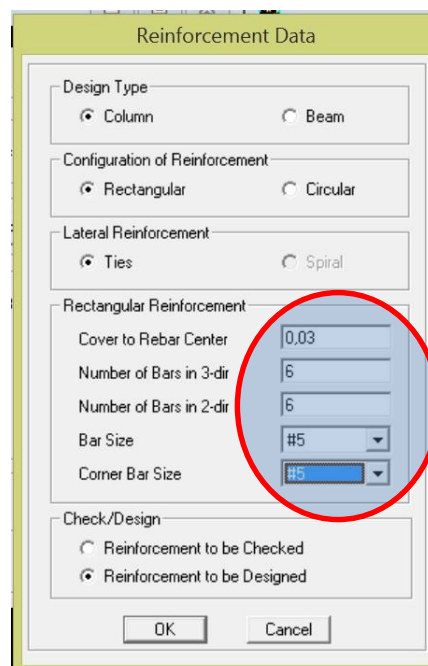


Isikan section name = kolom40x40

Material = Conc

Dimensions 1) Dept = 0,4 2) Width = 0,4 selanjutnya pilihlah --- Reinforcement ---

Maka akan muncul window seperti dibawah ini.



Isikan data pada Rectangular Reinforcement:

Cover to Rebar Centre : 0,03

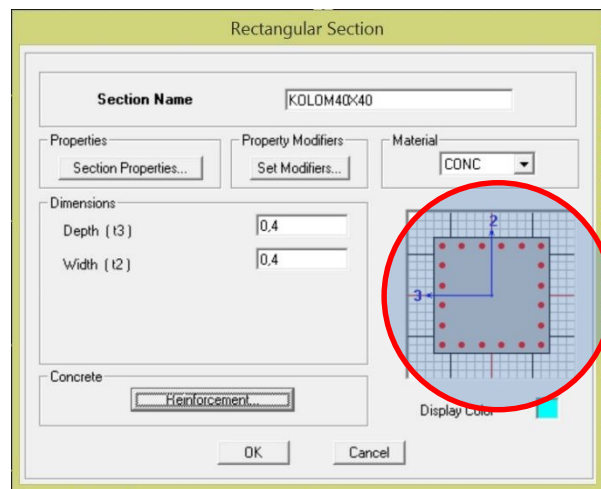
Number of Bars in 3 –dir : 6

Number of Bars in 3 –dir : 6

Bar Size : #5

Corner Bar Size : #5 Lalu -----OK-----

Maka tampilan pada window sebelumnya akan berubah menjadi

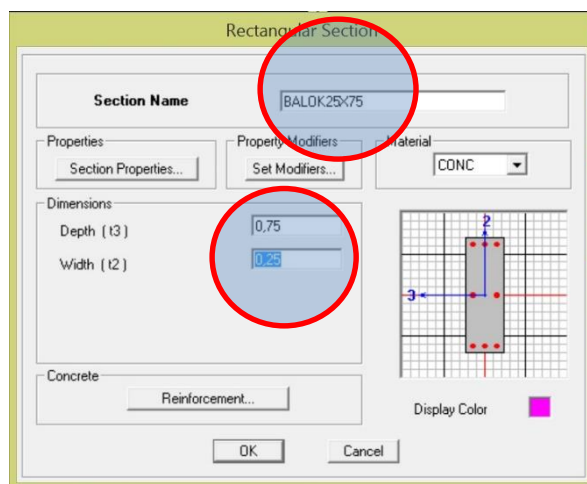


Dengan cara dan langkah yang sama buat pendefinisian kolom ukuran 30x30 cm²

- Pendefinisian Frame Section: (akan membuat properties Balok)

Pilih Define ----- Frame Section ----- Add Rectangular

Lalu akan muncul window seperti dibawah ini.



Isikan section name = Balok25x75

Material = Conc

Dimensions 1) Dept = 0,75 2) Width = 0,25 selanjutnya pilihlah --Reinforcement--

Maka akan muncul window seperti dibawah ini.

Isikan data pada Reinforcement Data:

Concrete Cover to Rebar Centre

Top : 0,03 (Beton decking)

Bottom : 0,03 (Beton decking)

Lalu -----OK-----OK-----

Dengan cara dan langkah yang sama buat pendefinisian balok ukuran 20x50 cm²

- Pendefinisian Wall/Slab/Deck Section: (akan membuat properties Plat Lantai)

Pilih Define ----- Wall/ Slab/Deck Section ----- Pilih Slab1-----Modify/Show Section

Lalu akan muncul window seperti dibawah ini.

Isikan data pada Thickness :

Membrane : 0,12 (tebal plat)

Bending : 0,12 (tebal plat)

Pilih pada Type :

Membrane ----- OK -----

Pada tahapan ini kita telah selesai mendefinisikan semua kolom, balok dan plat lantai

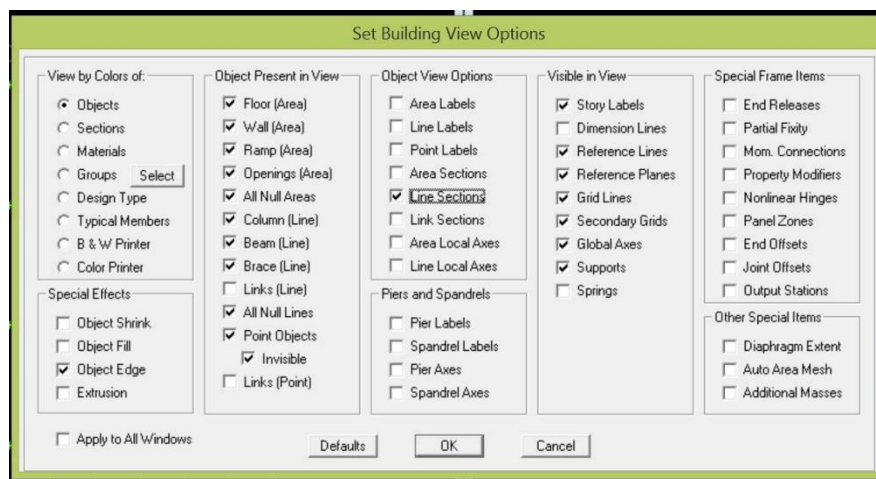
Langkah 5:

Pada langkah ini akan pilih lokasi balok sesuai dengan rencana kita

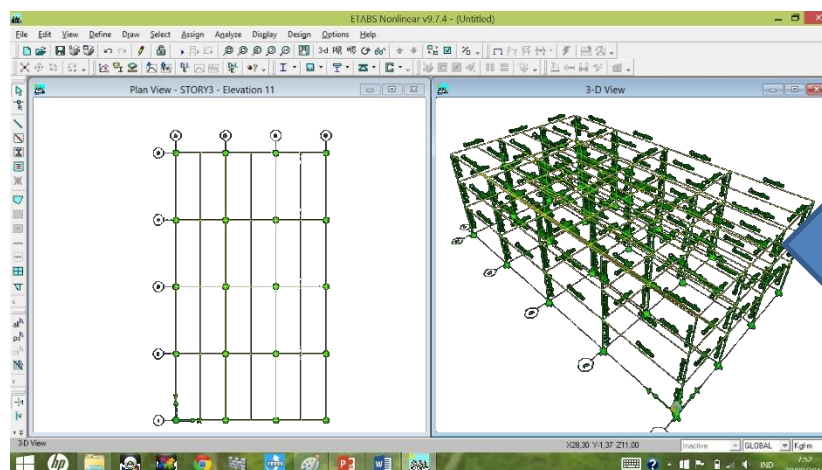
Sebelum memulai akan dicek terlebih dahulu properti dari kolom ----- balok

Pastikan kita bekerja pada window 3D View, dengan cara klik pada window ini

Pilih Set Building View Option ----- hilangkan tanda v pada line labels ----- berikan tanda v pada line section ----- OK-----



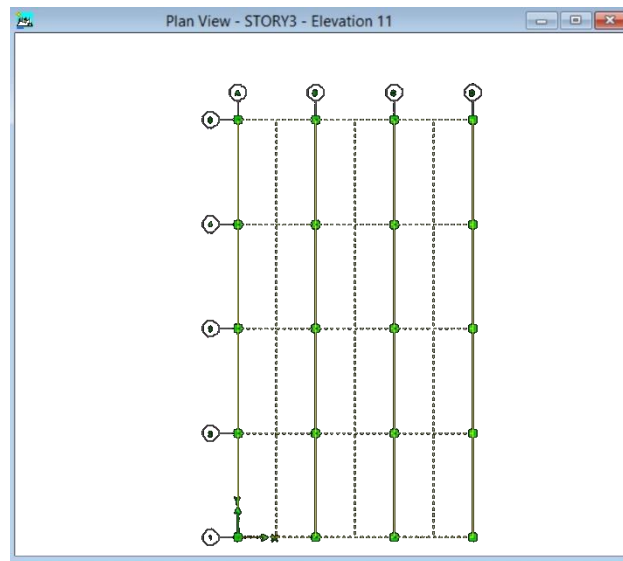
Maka tampilan dari layar akan seperti dibawah ini.



Pada window 3D View akan muncul semua properties dari balok dan kolom

Untuk memberikan properties pada balok di lantai 1 – lantai 3 maka dilakukan sebagai berikut:

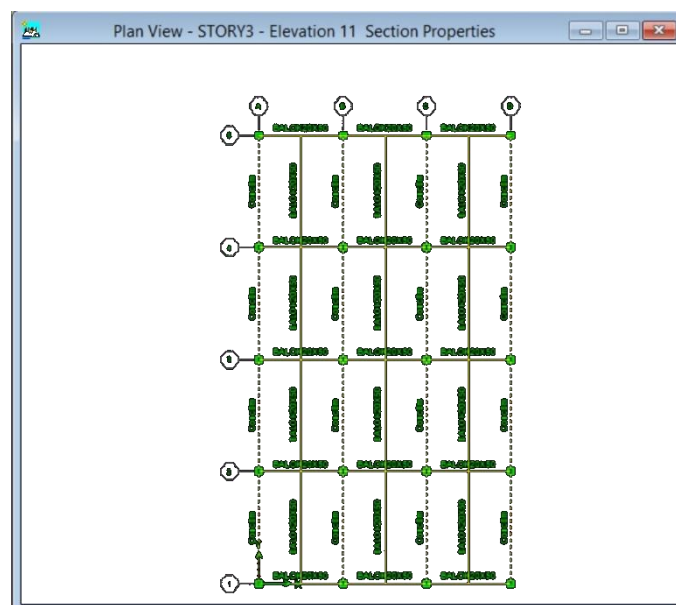
Klik pada window sebelah kiri (Plan View) ----- lalu pilih balok anak dan balok pada As 1-2-3-4-5 dengan cara klik kiri pada balok balok tersebut, seperti pada gambar dibawah ini.



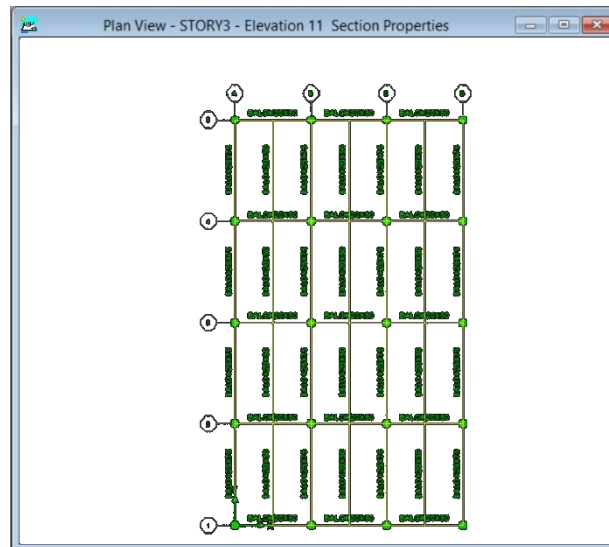
Setelah balok balok yang kita inginkan sudah terpilih semua maka lanjutkan dengan

Pilih Assign ----- Frame/line ----- Frame Section ----- cari balok ukuran Balok20x50 cm pada Properties (Type in property to find) ----- OK

Lalu untuk balok yang lain di pilih dengan cara klik kiri pada balok yang kita inginkan seperti pada gambar dibawah ini.



Pilih Assign ----- Frame/line ----- Frame Section ----- cari balok ukuran Balok25x75 cm pada Properties (Type in property to find) ----- OK



Maka hasil dari window Plan View seperti pada gambar diatas

Dengan cara yang sama lakukan pendefinisian semua balok dilantai 2 dan lantai 1

Langkah 6:

Pada langkah ini akan pilih lokasi dan properties kolom sesuai dengan rencana kita

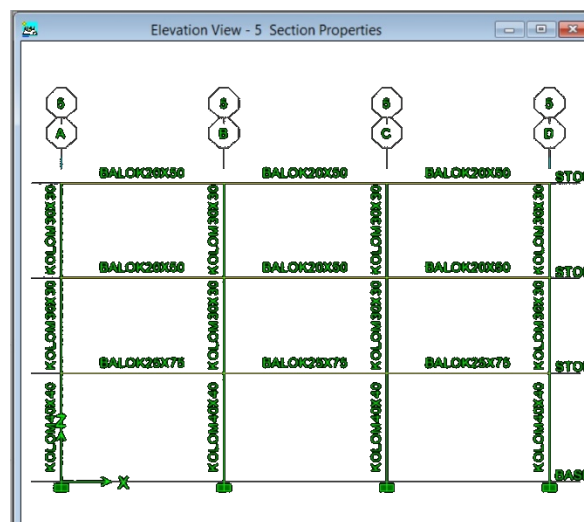
Untuk memulai menentukan lokasi dan properties kolom maka klik pada window sebelah kiri (Plan View) ----- pilih Set elevation View ----- pilih elevations 1----- OK

Pilih semua kolom dilantai 1 dengan cara di klik kiri pada masing masing kolom ----- Assign - ----- Frame Line ----- Frame Section ----- Cari kolom 40x40 pada Properties (Type in Property to Find) ----- OK---

Pilih semua kolom dilantai 2 dan 3 dengan cara di klik kiri pada masing masing kolom ----- Assign ----- Frame Line ----- Frame Section ----- Cari kolom 30x30 pada Properties (Type in Property to Find) ----- OK---

Dengan cara yang sama pilih kolom pada model ini dan definisikan sesuai dengan rencana.

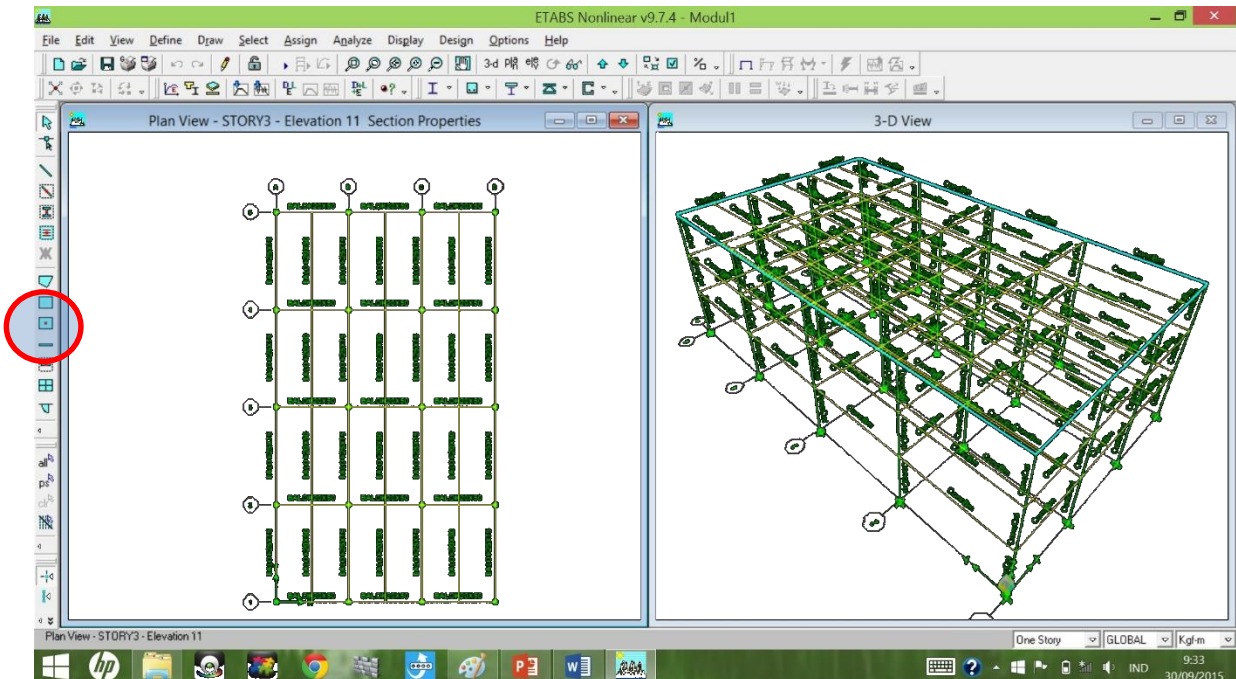
Maka hasilnya seperti pada gambar dibawah ini



Langkah 7:

Pada langkah ini akan pilih lokasi dan properties plat sesuai dengan rencana kita

Klik window kiri (elevation view) ----- pilih Set Plan View ----- Pilih Story 3 ---- OK



Untuk memulai melakukan pendefinisian plat lantai pada model maka

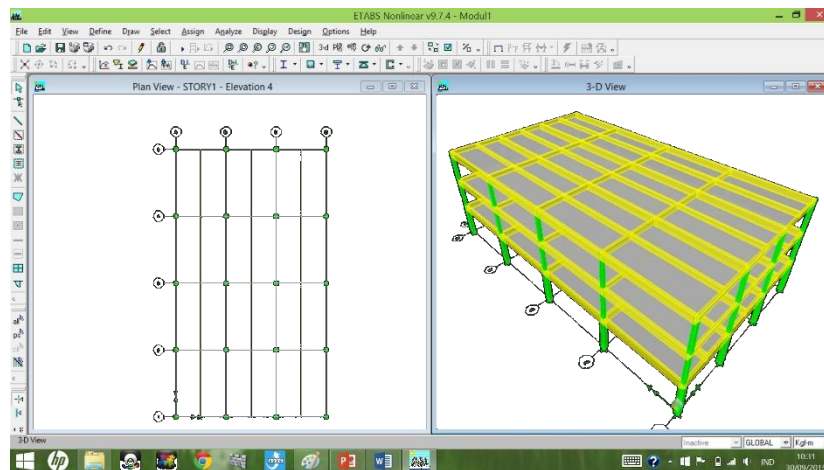
Pilih Create area at click (plan, elev) ----- pilihlah Slab 1 pada properties of object ----- lalu klik pada lokasi As 1-2 --- A-B, As 1-2 --- B-C, dan seterusnya.

Ulangi perintah ini untuk semua kolom pada lantai 1 dan lantai 2.

Untuk melihat apakah model yang dibuat sudah jadi maka dapat dilihat bentuk perspektifnya dengan cara:

Klik pada window kanan (3D View) ----- pilih Set Building View Option ----- Pilih Object Fill ----- Pilih Extrusion ----- OK.

Maka tampilan pada window 3D – View seperti dibawah ini.



Pada tampilan terlihat bentuk dari model bangunan yang dibuat termasuk plat lantainya.

Untuk kembali ke gambar awal maka pilih Set Building View Option ---- pilih Set Building View Option ----- hilangkan tanda v Object Fill ----- hilangkan tanda v Extrusion ----- OK.

Langkah 8:

Pada langkah ini akan diberikan pembebanan yaitu berupa beban mati dan beban hidup

Klik window kiri (elevation view) ----- pindah posisi ke lantai 3 ----- dengan menggunakan Move Up in List ---- Sorot semua model / Klik kiri ditahan dan tarik mulai atas kebawah -----

Assign ----- Shell/Area Load ----- Uniform ----- isikan pada row load sebesar 125 ----- OK

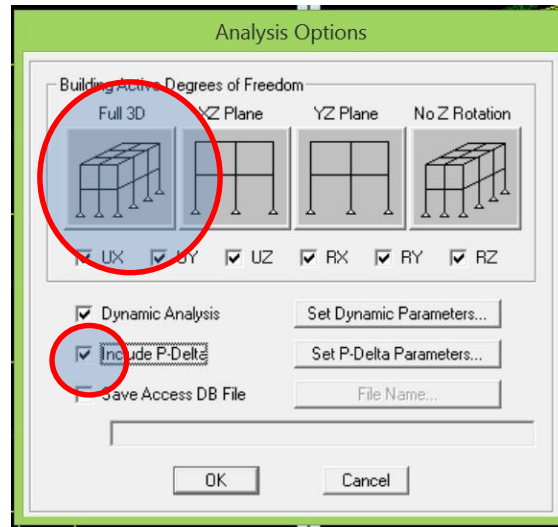
Ulangi untuk memasukan beban hidup dengan cara yang sama: Pilih Select ----- Get Previous Selection ----- Assign ----- Shell/Area Load ----- Uniform ----- pilih load case name LIVE --- isikan pada row load sebesar 250 ----- OK.

Untuk lantai 1 dan lantai 2, dengan cara yang sama lakukan langkah diatas untuk memberikan pembebanan.

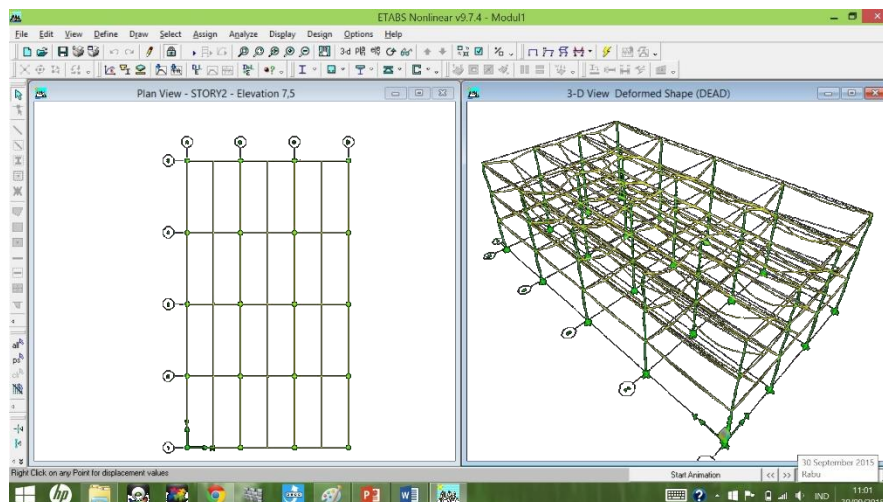
Langkah 9:

Pada langkah ini akan dilakukan analisis hasil model yang telah dibuat

Pilih Analyze ----- Set Analyze Options ----- Pilih Full 3D pada Building Active of Freedom ----- pilih Include P delta Effect ---- OK



Pilih Analyze ----- Run Analyze

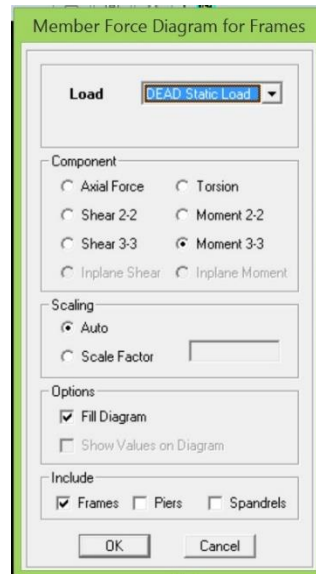


Pada window sebelah kanan terlihat hasil analisis model yang mengalami defleksi akibat beban mati.

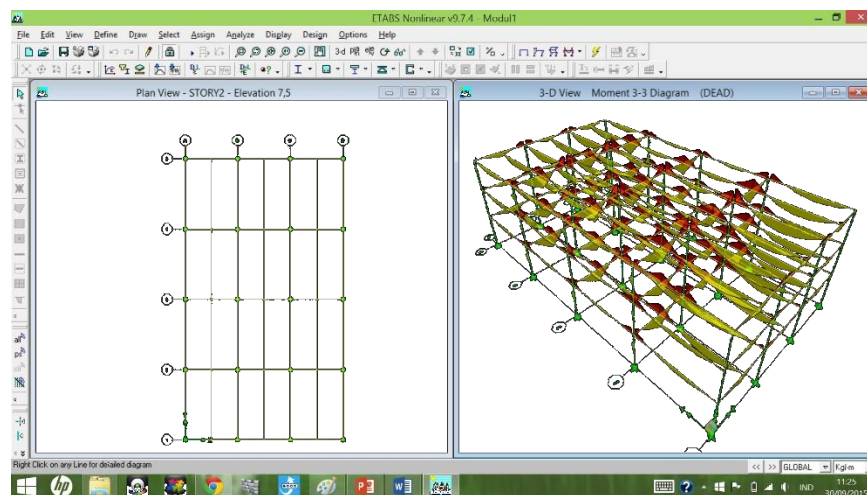
Langkah 10:

Pada langkah ini akan melihat gaya-gaya yang terjadi pada model akibat beban mati dan beban hidup.

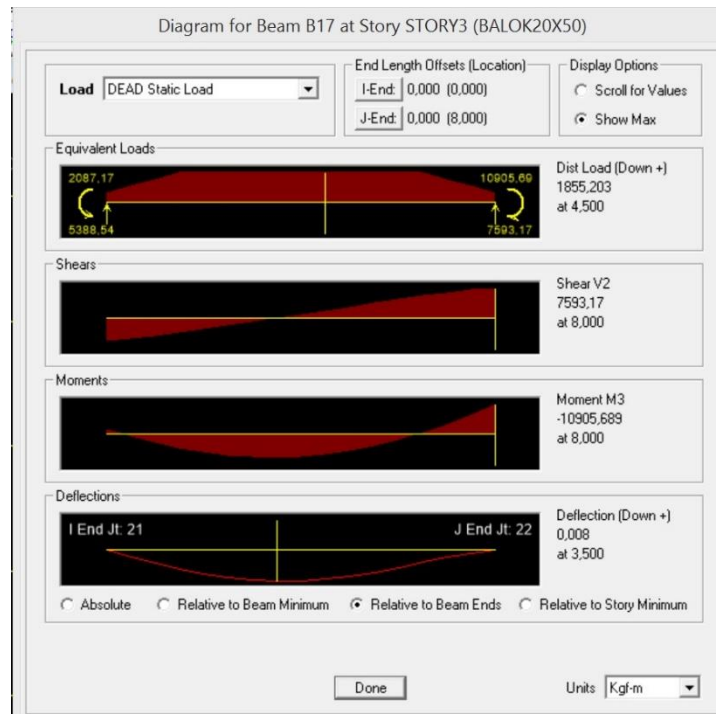
Pilih Display ----- show member forces/Stress Diagram ----- Frame/ Pier /Spandrel Forces ----- OK



Maka pada window sebelah kanan (3D View) muncul gambar diagram momen 3-3 akibat bebam mati.



Untuk lebih detail melihat momen 3-3 yang terjadi maka klik pada salah balok dan klik kanan
Maka akan muncul window seperti dinawah ini.



Pada gambar diatas terlihat detail gaya gaya yang terjadi pada balok tersebut, untuk dapat memilih pada lokasi bentang balok maka klik Display Option (pilih Scroll for Value) maka tampilan pada balok dapat digeser geser sesuai dengan keinginan.

Untuk gaya gaya dalam yang lain dengan cara yang sama dapat dilakukan dengan prosedur diatas.

Bab 5

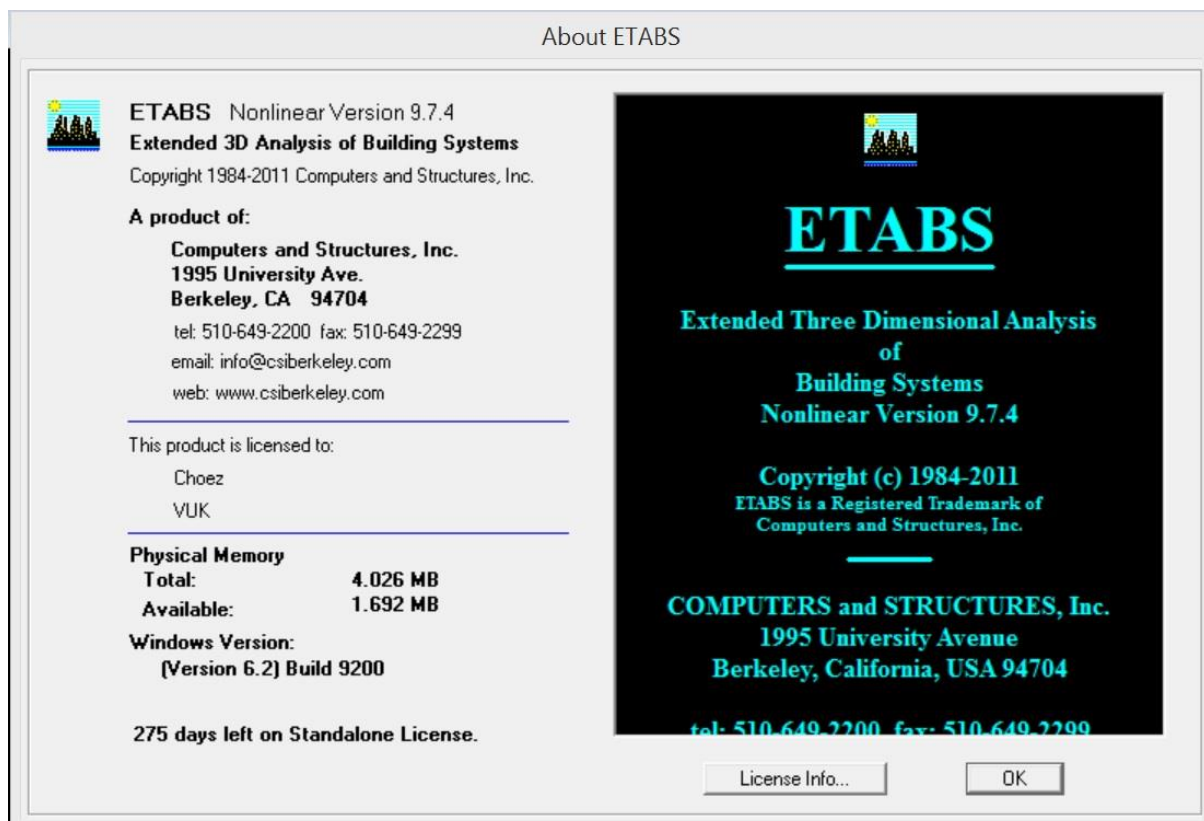
Aplikasi Program Modul 2

5.1. Modul 2

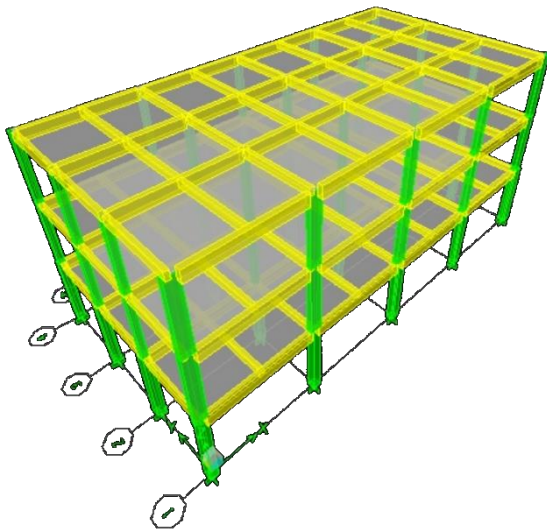
Model 2 : Membuat model gedung 3 lantai dengan fasilitas Two Way or Ribbed Slab.

- Dalam model 2 ini akan diberikan contoh bangunan gedung 3 lantai
- Jumlah kolom line pada arah sumbu X berjumlah 9, dengan jarak antar kolom masing masing adalah 3 meter
- Jumlah Kolom line pada arah Y berjumlah 4 kolom dengan jarak antar kolom masing masing adalah 4 meter.
- Tinggi tingkat untuk lantai dasar adalah 4 meter
- Tinggi tingkat untuk lantai typical 3,75 meter
- Beban yang bekerja: Beban mati sebesar 135 kg/m^2 dan Beban Hidup sebesar 250 kg/m^2
- Beban Ultimit (Kombinasi) : 1,2 Beban Mati + 1,6 Beban Hidup

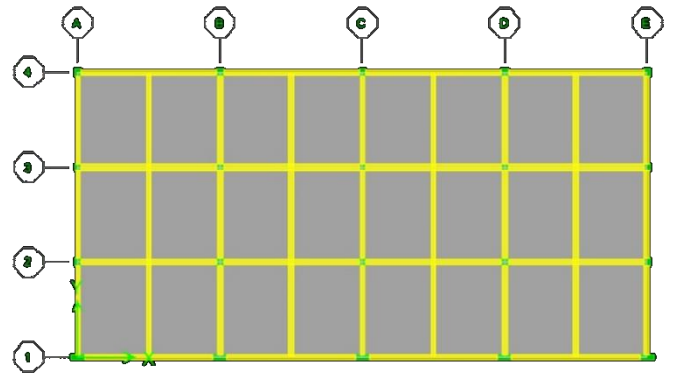
ETABS NON LINEAR V 9.7.4. Sebagai Alat Bantu dalam Analisa Struktur Teknik Sipil



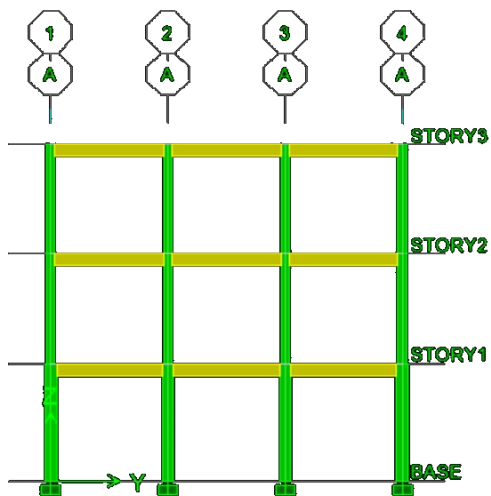
Gambar Model Struktur



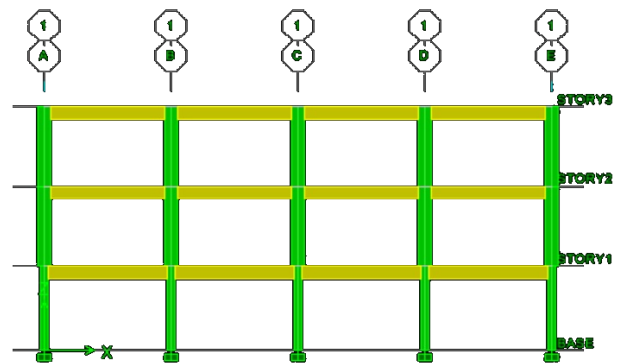
Gambar 3D



Gambar Tampak Atas



Gambar Potongan Y- Y

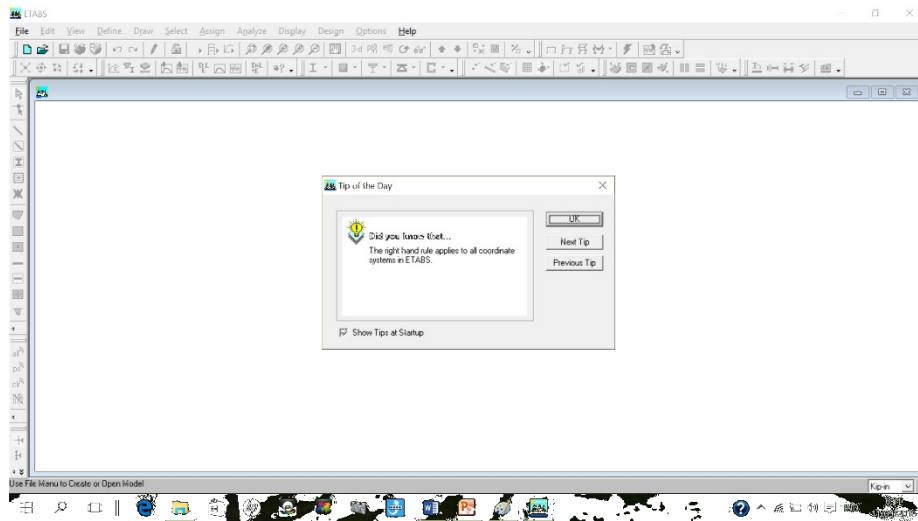


Gambar Potongan X-X

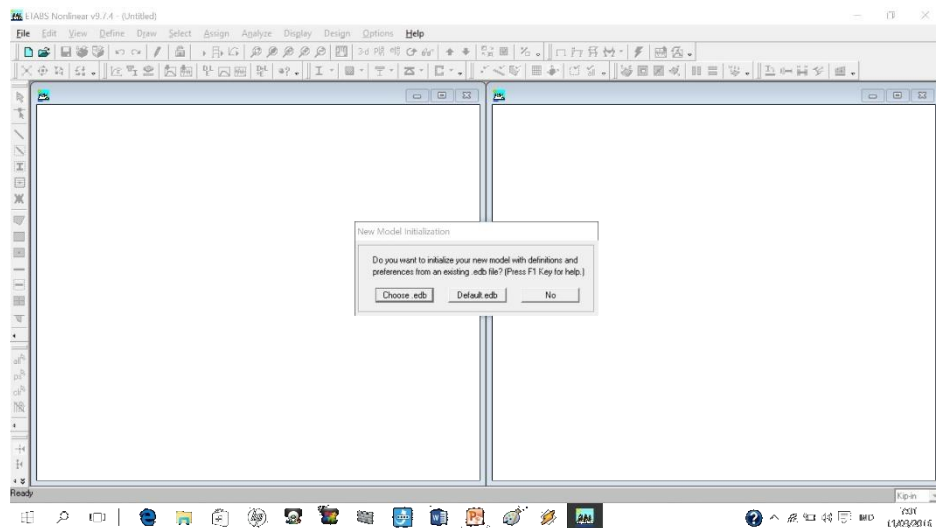
1. Tampilan pada ETABS

- Buka file Etabs pada komputer. Maka akan muncul tampilan display Etabs seperti pada gambar dibawah ini.

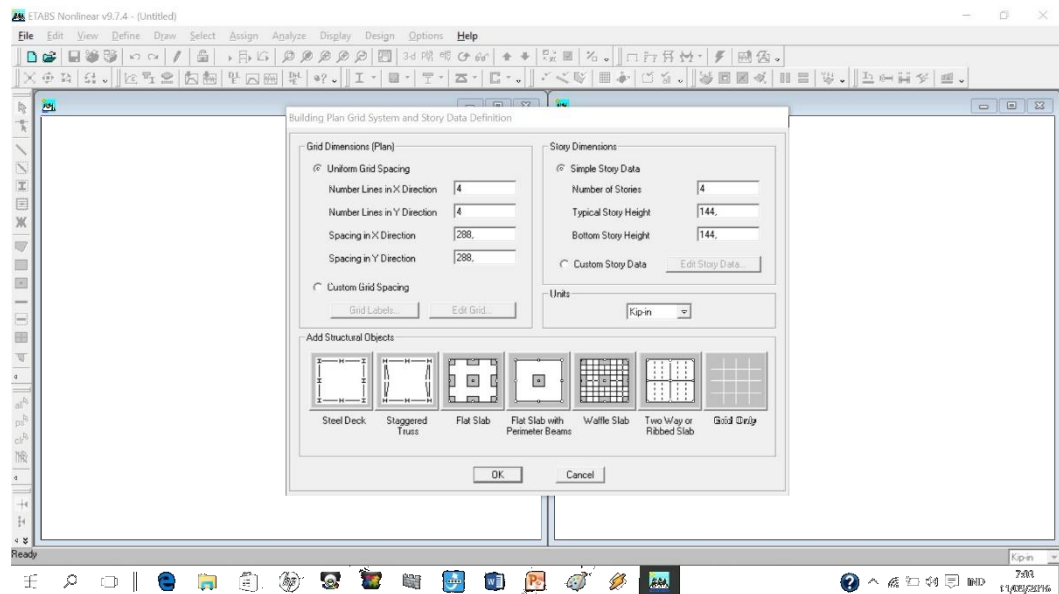
- Lalu Klik Ok



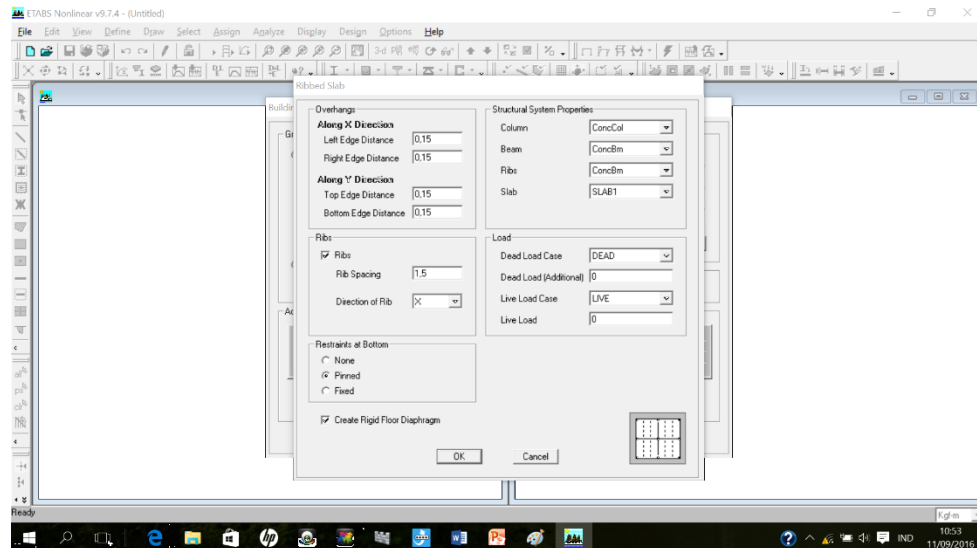
- Pilih FileNew Model (Ctrl + N) maka akan muncul gambar dibawah ini
- PilihNo
- Pada pojok bawah sebelah kanan pilih satuan yang akan digunakan yaitu: Kg-m



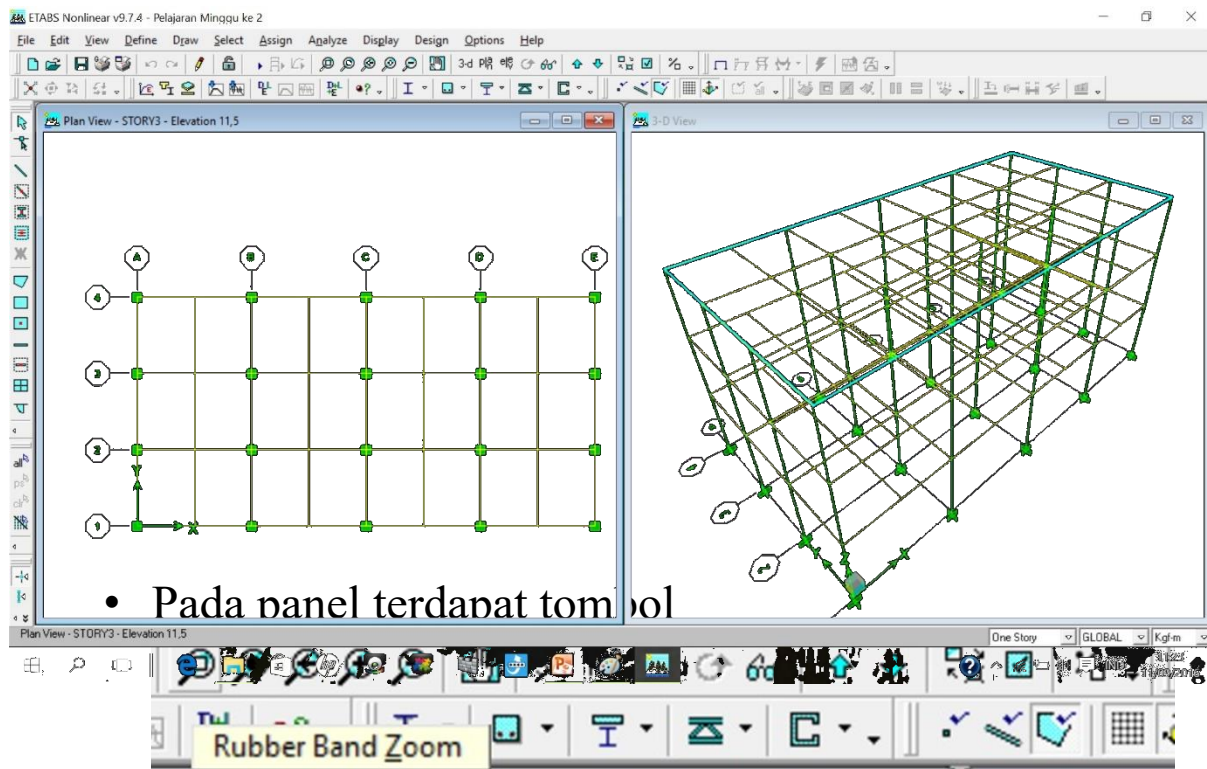
- Perhatikan tampilan yang muncul, terdapat jendela “*Building Plan Grid System and Story Data Definition*”
- Pada “Grid Dimensions (Plan)”Number Lines in X Direction isikan 5.....
Number Lines in Y Direction isikan 4 Spacing in X Directions isikan 6.....
Spacing in Y Directions isikan 4
- Pada “Story dimensions “.....Number of Stories isikan 3.....Typical Story Height isikan 3,75Bottom Story Height isikan 4
- Pilih two way or ribbed slab
-



- Perhatikan tampilan yang muncul, terdapat jendela “Ribbed Slab”
- Pada “Overhang “.....Along X Direction (left edge distance) isikan 0..... Along X Direction (right edge distance) isikan 0
- Pada “Overhang “.....Along Y Direction (top edge distance) isikan 0..... Along Y Direction (bottom edge distance) isikan 0
- Pada “Ribs“.....Ribs spacing isikan 3Direction of Rib isikan Y
- Pada Restraints at bottom isikan fixed
- Klik Pada create rigid floor diagrams dan OK dan OK



- Pada Tampilan Layar akan muncul gambar model gedung yang telah dibuat
- Pada tampilan akan muncul 2 layar utama, di sebelah kiri merupakan tampilan Plan View dan disebelah kanan merupakan tampilan 3D view.
- Tampilan pada 2 layar utama dapat dirubah rubah sesuai dengan kebutuhan kita

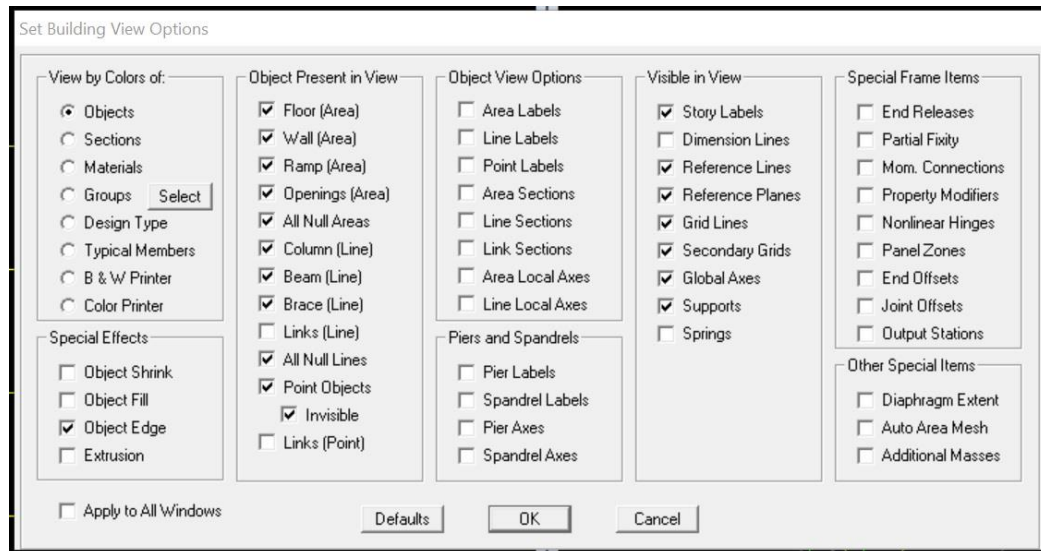


- Tombol rubber band zoom di pergunakan untuk memperbesar gambar / tampilan
- Restore Full View di pergunakan untuk kembali ke tampilan semula
- Restore Preview zoom di pergunakan untuk kembali ke tampilan zoom semula
- Zoom in one step di pergunakan untuk memperbesar secara bertahap
- Zoom in out step di pergunakan untuk memperkecil secara bertahap
- Pan untuk melakukan penggeseran gambar / tampilan pada layar
- Set Default 3D view dipergunakan untuk mengubah ke dalam gambar 3D dimensi
- Set Plan View untuk menampilkan view tampak atas pada lantai
- Set elevation View untuk menampilkan view potongan pada arah X dan arah Y
- Rotate 3D view digunakan untuk memutar gambar 3D sesuai dengan kebutuhan
- Perspective toggle digunakan untuk menampilkan gambar perspektif
- Move Up in list digunakan untuk memindahkan pilihan posisi lantai keatas
- Move Down in list digunakan untuk memindahkan pilihan posisi lantai kebawah
- Object shrink toggle digunakan untuk menampilkan hubungan antara balok-balok, balok-kolom
- Set Building view options digunakan untuk menampilkan pilihan sesuai dengan kebutuhan user

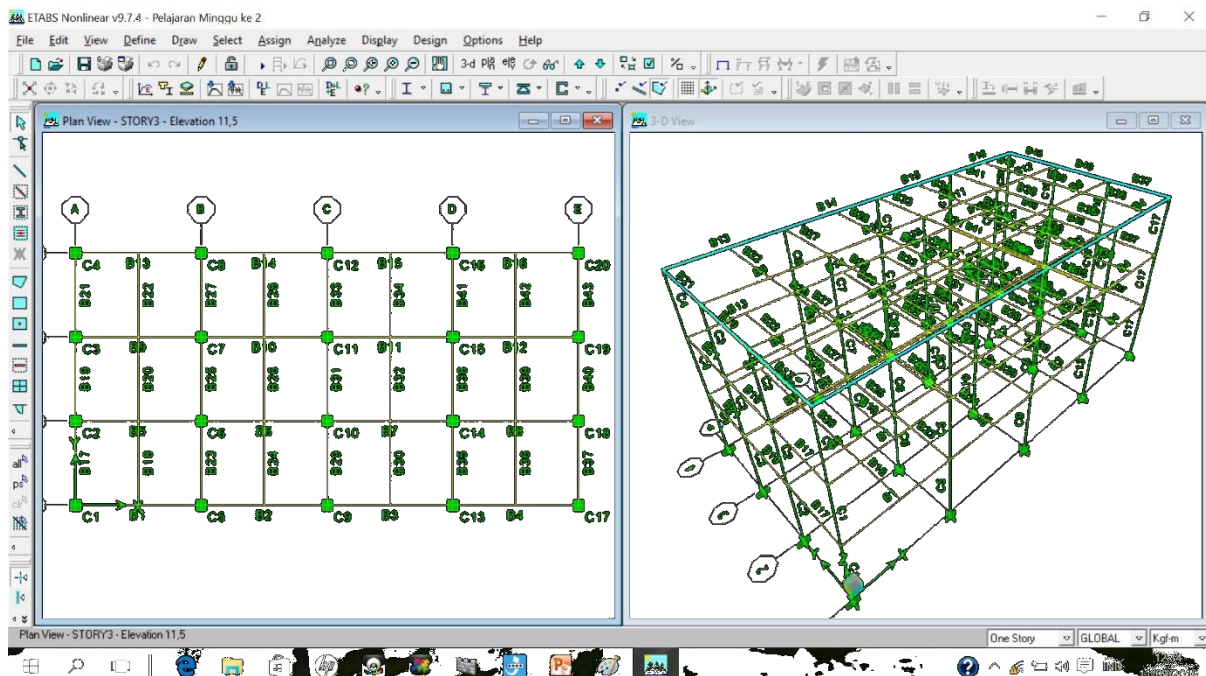
Set Building View Option

- View by colors of.....menampilkan dengan menggunakan warna
- Object present in Viewyang ditampilkan pada kondisi layar
- Object view options Digunakan untuk melihat object sesuai dengan pilihan

- Visible in view Digunakan untuk view visible
- Special frame items ,,,,,,,,digunakan untuk melihat frame
- Special Effect Digunakan untuk melihat spesial effect
- Piers and Spandrels Digunakan untuk melihat Piers dan Spandrels



Pada Jendela Set Building View Option pada Object View Option klik di Line Labels dan klik pada kiri bawah Apply to all Window maka akan didapat tampilan seperti pada gambar dibawah ini



Cara lain untuk menampilkan informasi yang ada di layar secara cepat dengan cara klik kanan pada pointer mouse pada elemen yang ingin kita tampilkan informasinya.

Sebagai contoh : lakukan klik kanan layar plan view STORY 3, balok dengan identitas Balok B3 maka akan didapatkan gambar seperti berikut. Untuk menghilangkan pilihan pada Balok B3 maka klik pada balok B3

The 'Line Information' dialog box displays the following data:

Identification	
Label	B3
Line Type	Beam
Story	STORY3
Design Procedure	Concrete Frame

Length	6,
Start Point (I)	9
Story	STORY3
X	12,
Y	0,
Delta Z	0,
End Point (J)	13
Story	STORY3
X	18,
Y	0,
Delta Z	0,

Units: Kgf-m

OK

Informasi yang ditampilkan terdapat 3 kategori yaitu:

- Location
- Assigment
- Dan Load

2. Pendefinisian Material Properties (membuat material beton)

Untuk Mendefinisikan material properties maka lakukan langkah ini:

- Pilih Define.....Material Properties.....maka muncul jendela Define material

The 'Define Materials' dialog box shows a list of materials on the left and action buttons on the right.

Materials:

- CONC (Selected)
- OTHER
- STEEL

Click to:

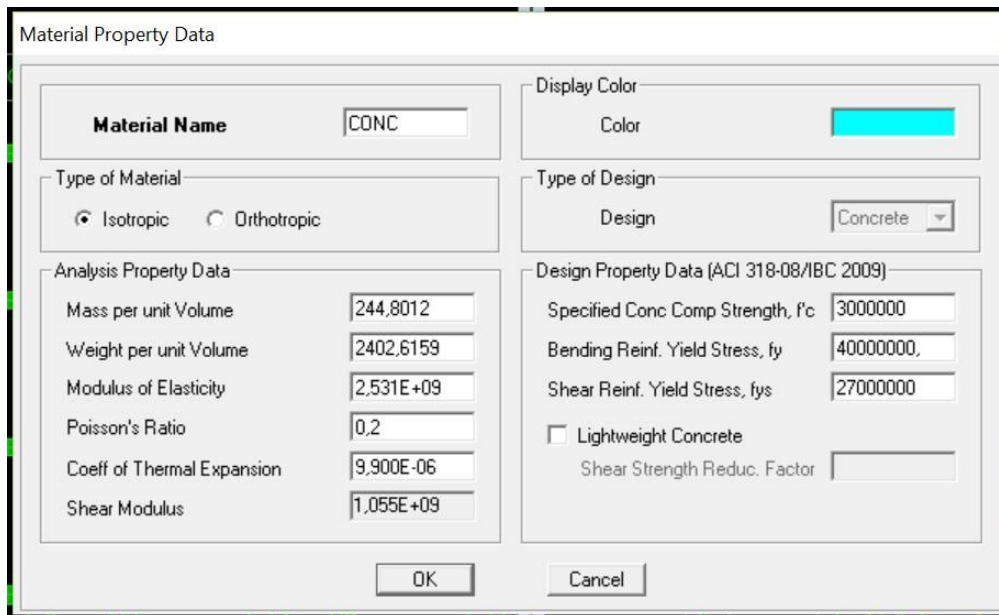
- Add New Material...
- Modify/Show Material...
- Delete Material

OK

Cancel

- Pada kolom Material Conc sudah terpilih

- Klik Modify/show material maka muncul jendela sebagai berikut
- Lalu masukan data sesuai dengan rencana dari material yang akan kita gunakan. Sebagai contoh seperti pada tampilan dibawah ini.



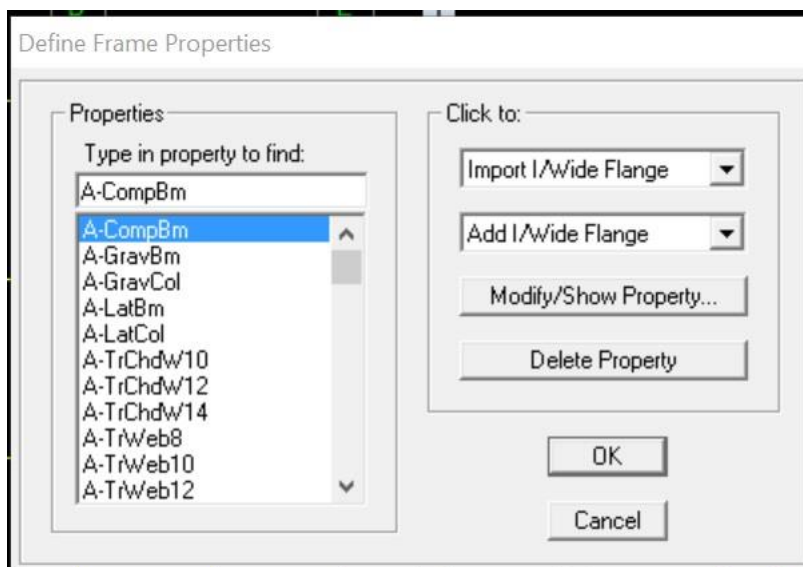
The image shows a 'Material Property Data' dialog box. It has several sections: 'Material Name' with a text field containing 'CONC'; 'Type of Material' with radio buttons for 'Isotropic' (selected) and 'Orthotropic'; 'Display Color' with a color selection button showing a blue square; 'Type of Design' with a dropdown menu set to 'Concrete'; 'Analysis Property Data' with fields for Mass per unit Volume (244,8012), Weight per unit Volume (2402,6159), Modulus of Elasticity (2,531E+09), Poisson's Ratio (0,2), Coeff of Thermal Expansion (9,900E-06), and Shear Modulus (1,055E+09); and 'Design Property Data (ACI 318-08/IBC 2009)' with fields for Specified Conc Comp Strength, f'c (3000000), Bending Reinf. Yield Stress, fy (40000000), Shear Reinf. Yield Stress, fys (27000000), a checkbox for 'Lightweight Concrete', and a 'Shear Strength Reduc. Factor' field. At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.

3. Pendefinisian Frame Section (membuat kolom, dan balok)

KOLOM

Untuk Mendefinisikan Frame Section maka lakukan langkah ini:

- Pilih Define.....Frame Section.....maka muncul jendela Define Frame Properties



The image shows a 'Define Frame Properties' dialog box. It has a 'Properties' section on the left with a list of properties: A-CompBm, A-GravBm, A-GravCol, A-LatBm, A-LatCol, A-TrChdw10, A-TrChdw12, A-TrChdw14, A-TrWeb8, A-TrWeb10, and A-TrWeb12. The 'A-CompBm' property is selected. Above the list is a text field 'Type in property to find:'. To the right is a 'Click to:' section with two dropdown menus: 'Import I/Wide Flange' and 'Add I/Wide Flange'. Below these are buttons for 'Modify/Show Property...', 'Delete Property', 'OK', and 'Cancel'.

- Pada Pilihan Click For pilihlah Add Rectangular pada drop down list maka muncul jendela Rectangular Section dan isikan seperti pada gambar dibawah ini.
- Klik Pada Reinforcement maka muncul jendela baru

Rectangular Section

Section Name: KOLOM40x40

Properties: Section Properties... Property Modifiers: Set Modifiers... Material: CONC

Dimensions: Depth (t3): 0.40 Width (t2): 0.40

Concrete: Reinforcement...

Display Color: ☒

OK Cancel

Muncul Jendela Reinforcement Datalalu isikan seperti pada gambar dibawah ini dan OK maka pada jendela Rectangular Section akan berubah seperti pada gambar dibawah ini

Reinforcement Data

Design Type: ☒ Column ☐ Beam

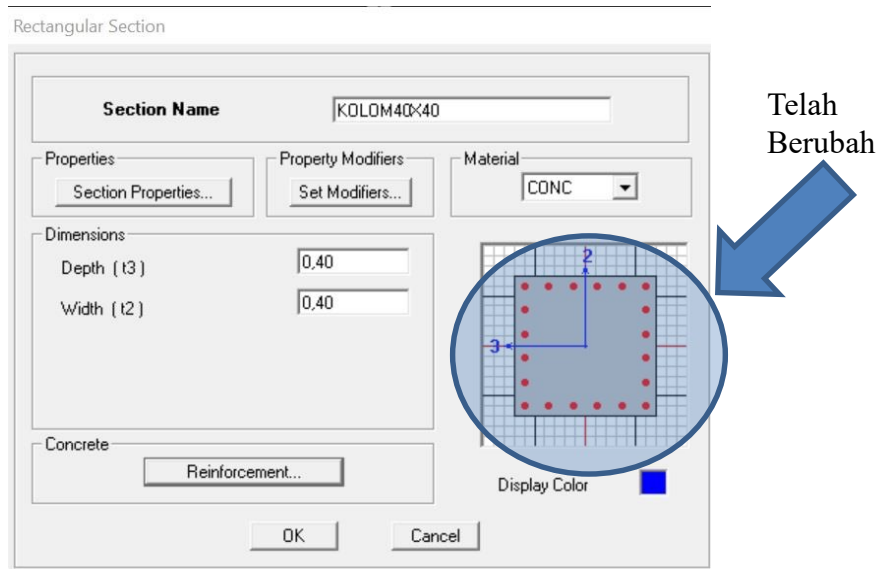
Configuration of Reinforcement: ☒ Rectangular ☐ Circular

Lateral Reinforcement: ☒ Ties ☐ Spiral

Rectangular Reinforcement: Cover to Rebar Center: 0.03 Number of Bars in 3-dir: 6 Number of Bars in 2-dir: 6 Bar Size: #5 Corner Bar Size: #5

Check/Design: ☐ Reinforcement to be Checked ☒ Reinforcement to be Designed

OK Cancel

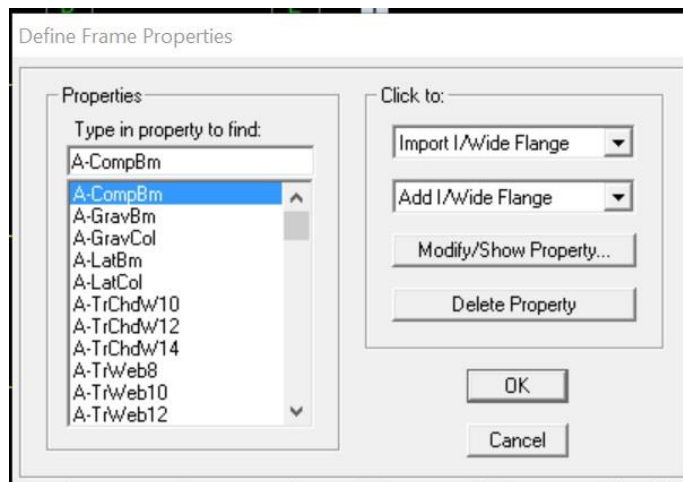


Dengan cara yang sama buatlah definisi kolom ukuran 30x30

BALOK

Untuk Mendefinisikan Frame Section maka lakukan langkah ini:

- Pilih Define.....Frame Section.....maka muncul jendela Define Frame Properties



- Pada Pilihan Click For pilihlah Add Rectangular pada drop down list maka muncul jendela Rectangular Section dan isikan seperti pada gambar dibawah ini.
- Klik Pada Reinforcement maka muncul jendela baru

Rectangular Section

Section Name BALOK25x60

Properties: Section Properties... Property Modifiers: Set Modifiers... Material: CONC

Dimensions:
Depth (t3) 0,60
Width (t2) 0,25

Concrete: Reinforcement...

Display Color [Red Box]

OK Cancel

Muncul Jendela Reinforcement Datalalu isikan seperti pada gambar dibawah ini dan OK maka pada jendela Rectangular Section akan berubah seperti pada gambar dibawah ini

Reinforcement Data

Design Type
☐ Column ☒ Beam

Concrete Cover to Rebar Center
Top 0,03
Bottom 0,03

Reinforcement Overrides for Ductile Beams
Left Right
Top 0 0
Bottom 0 0

OK Cancel

Rectangular Section

Section Name BALOK25x60

Properties: Section Properties... Property Modifiers: Set Modifiers... Material: CONC

Dimensions:
Depth (t3) 0,60
Width (t2) 0,25

Concrete: Reinforcement...

Display Color [Red Box]

OK Cancel

Telah Berubah

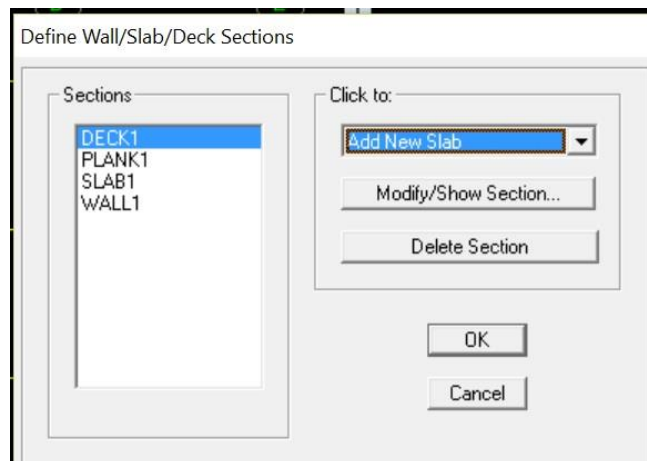
Dengan cara yang sama buatlah definisi balok ukuran 20x40

5. Pendefinisian Wall/Slab/Deck Section (membuat plat)

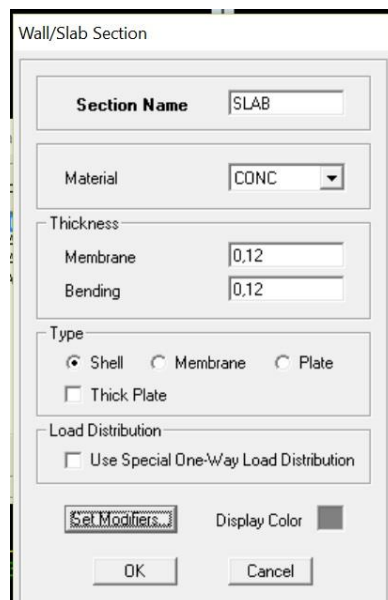
PLAT

Untuk Mendefinisikan Frame Section maka lakukan langkah ini:

- Pilih Define.....Wall/Slab/Deck Section.....maka muncul jendela Define Wall/Slab/Deck Section

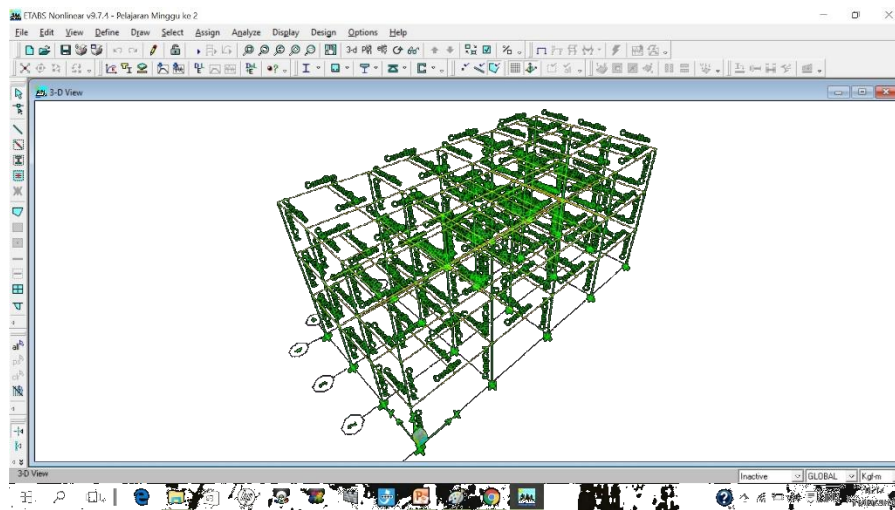


- Pada Pilihan Click For pilihlah Add New Slab pada drop down list maka muncul jendela Wall/Slab Section dan isikan seperti pada gambar dibawah ini.



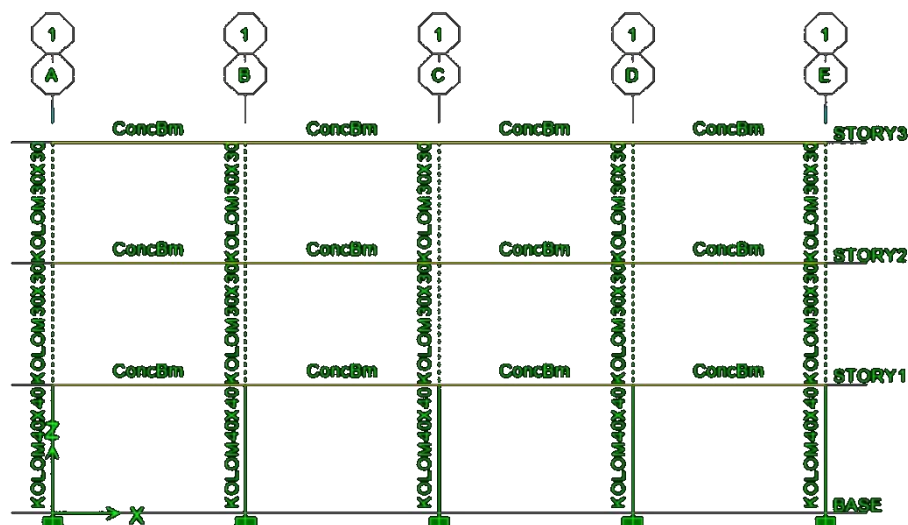
6. Assignment elemen

Untuk lebih tampak jelas, maka perlu salah satu windowsnya di tutup dan menyisakan satu windows dengan tampilan 3D dengan carapilih option.....windows Pilih One, kemudian pada menu Building view option diaktifkan line section dan area section, maka pada layar tampak sebagai berikut:

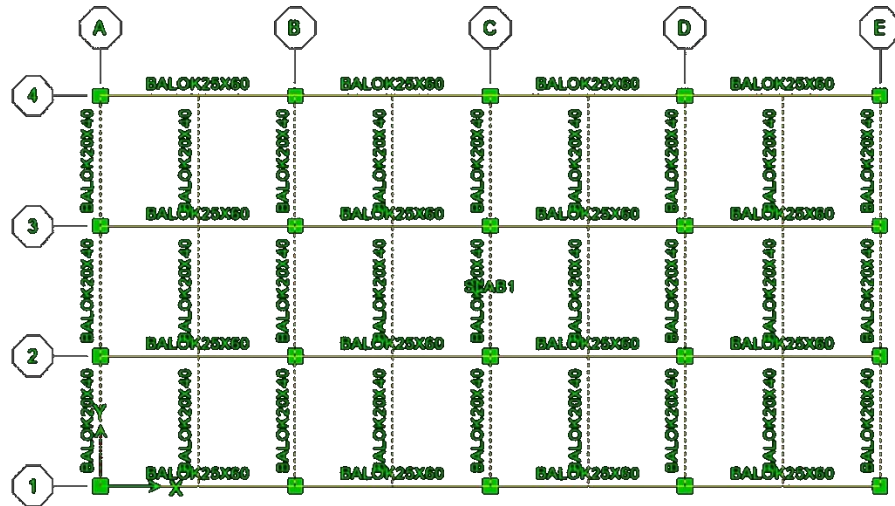


Pada tampilan di layar tampak bahwa semua elemen (balok, kolom dan plat masih tertulis ConcCol dan ConcBm, sedangkan kolom 40x40, 30x30, balok 25x60, balok 20x40 dan Slab belum tampak di layar. Untuk menugasi masing masing elemen tersebut dengan langkah langkah sebagai berikut:

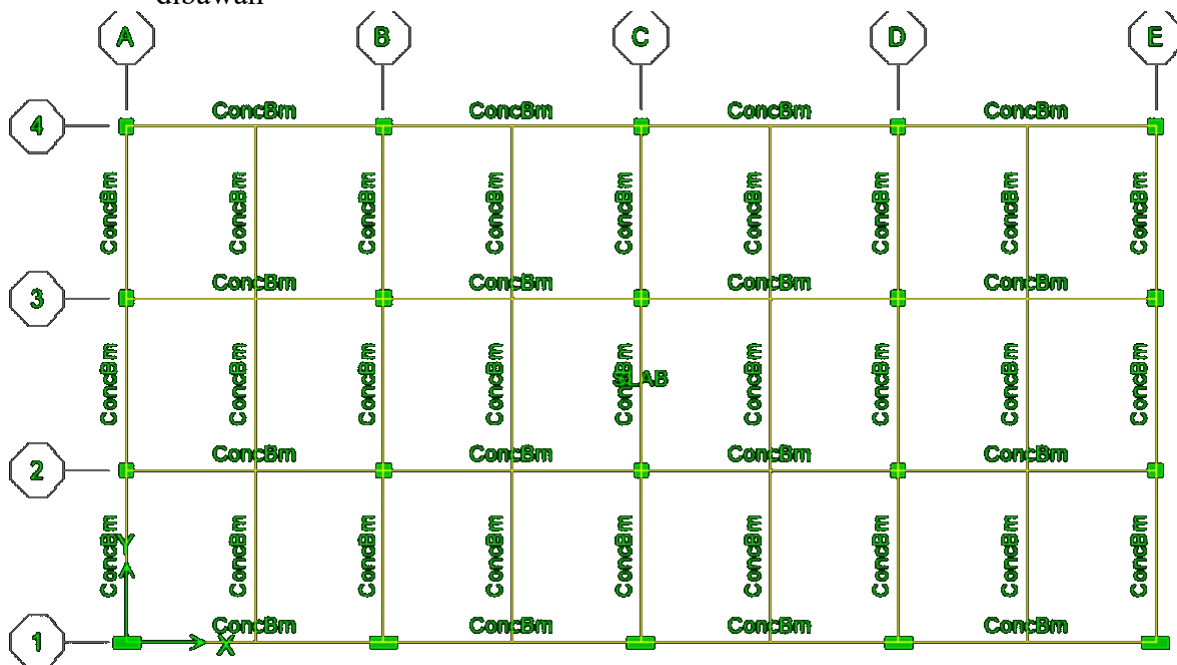
- Pada Kolom Lantai 1 digunakan kolom ukuran 40x40, dengan cara merubah tampilan pada windows menjadielevation view.....kemudian drag klik dari kiri ke kanan semua kolom di lantai 1.....lalu assignFrame LineFrame Section.....pada properties pilihlah kolom40x40 lalu OK. Ulangi untuk semua kolom dilantai 1 dengan cara yang sama dengan menggunakan move up list.
- Pada Kolom Lantai 2 dan 3 digunakan kolom ukuran 30x30, drag klik dari kiri ke kanan semua kolom di lantai 2 dan 3.....lalu assignFrame LineFrame Section.....pada properties pilihlah kolom30x30 lalu OK. Ulangi untuk semua kolom dilantai 2 dan 3 dengan cara yang sama dengan menggunakan move up list.



- Rubah Orientasi view pada windowspilih Plan.....Story 1.....pilihlah balok dengan bantang 6 meter, dengan cara di klik pada masing masing balok.....lalu assign.....Frame lineFrame Sectionpilih balok 25x60.....OK
- Pilihlah balok dengan bantang 4 meter, dengan cara di klik pada masing masing balok.....lalu assign.....Frame lineFrame Sectionpilih balok 20x40.....OK



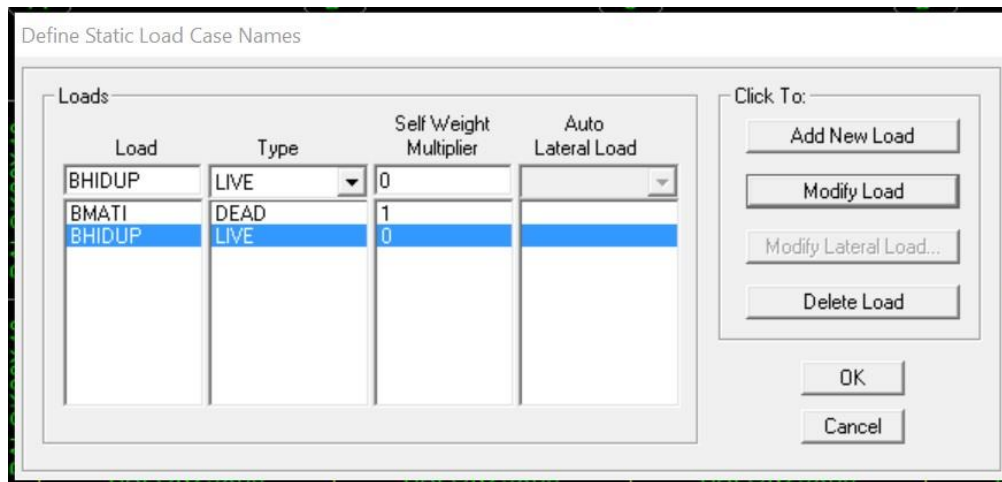
- Dengan cara yang sama lakukan assignment pada balok dilantai 2 dan lantai 3
- PadaPlan view Story 1.....klik pada sembarang plat.....lalu Shell/area.....Wall/Slab/Deck section.....pilih Slab.....OK
- Lakukan hal tersebut pada lantai 2 dan lantai 3 maka didapat seperti pada gambar dibawah



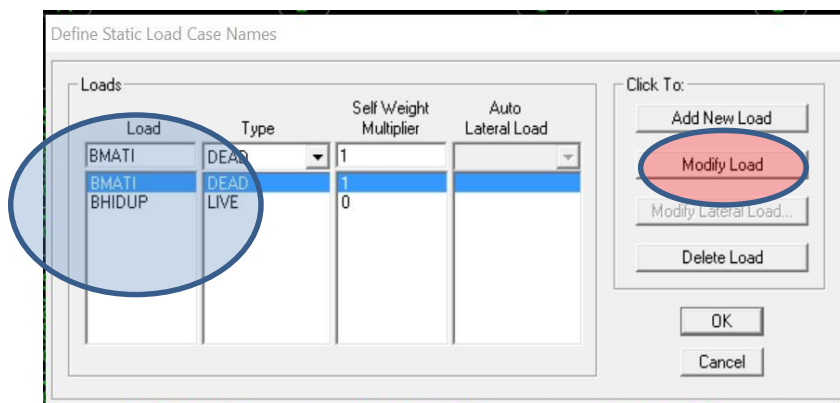
6. Pembebanan Pada Model Struktur

Langkah berikut adalah melakukan pembebanan pada model struktur yang dibuat, beban yang akan diterima oleh model struktur ini dapat berupa statis – dinamis, terpusat – merata garis – merata luasan dan lain lain, tetap untuk contoh ini akan diberikan beban mati merata luasan dan beban hidup merata luasan saja. Untuk beban mati merata luasan (diluar beban sendiri) dipakai 135 kg/m^2 dan beban hidup merata luasan dipakai 250 kg/m^2 dan beban kombinasi ultimit = $1,2$ Beban mati + $1,6$ beban hidup

- Pilihlah DefineStatic Load Case Kemudian pilihlah Dead Load, Lau rubahlah teks tersebut menjadi Bmati lalu klik modify load.
- Dengan cara yang sama ubahlah Live Load dengan Beban hidup



Perhatikan pada Beban mati, pada kolom Self Weight Multiplier yang secara default memiliki angka 1, hal tersebut mengartikan bahwa ETABS akan menghitung secara otomatis berat sendiri struktur dan beban tersebut akan dimasukan kedalam beban mati. Apabila berat sendiri ingin diabaikan maka harga 1 pada kolom Self Weight Multiplier diganti dengan 0. kemudian klik Modify Load.



Setelah langkah diatas, kita mendapatkan load case, dan dapat dibebankan pada model sebagai berikut:

Beban Mati

- Select By area object typeFloorassignShell/Area LoadUniform

The screenshot shows the 'Uniform Surface Loads' dialog box. The 'Load Case Name' is set to 'BMATI'. The 'Units' are set to 'Kgf-m'. Under 'Uniform Load', the 'Load' value is '135' and the 'Direction' is 'Gravity'. Under 'Options', the 'Replace Existing Loads' radio button is selected. The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

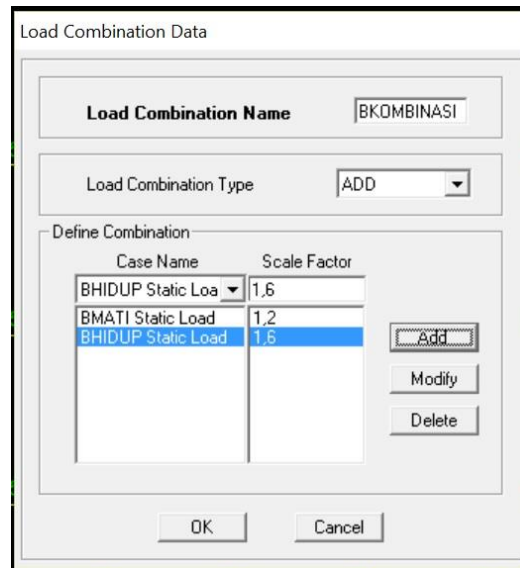
Beban Hidup

- Select By area object typeFloorassignShell/Area LoadUniform

The screenshot shows the 'Uniform Surface Loads' dialog box. The 'Load Case Name' is set to 'BHIDUP'. The 'Units' are set to 'Kgf-m'. Under 'Uniform Load', the 'Load' value is '250' and the 'Direction' is 'Gravity'. Under 'Options', the 'Replace Existing Loads' radio button is selected. The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Untuk Kombinasi Pembebanan langkah langkahnya:

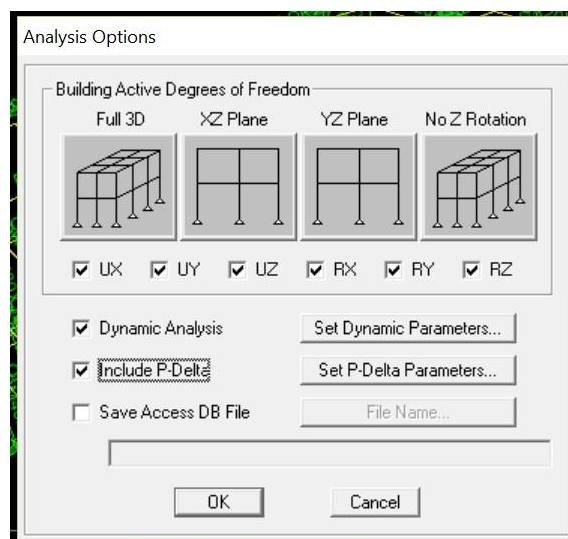
- DefineLoad Combination Add New ComboMuncul Jendela Load Combination DataGanti Load kombinasi Name dengan B.Kombinasi dan masukan data seperti pada gambar dibawah ini



8. Analisa Model Struktur

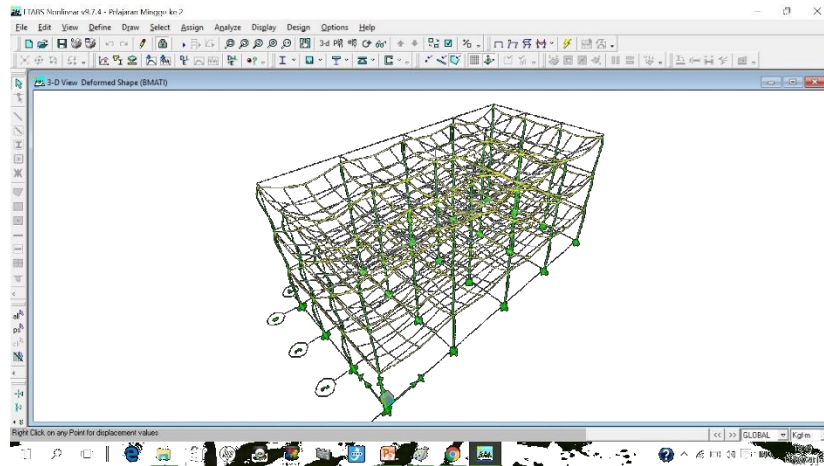
Langkah langkah pada analisa model struktur

- Analyze Set Analyze option Pilih Full 3D Klik pada Included P deltaOK



- Analyze Run Analyze

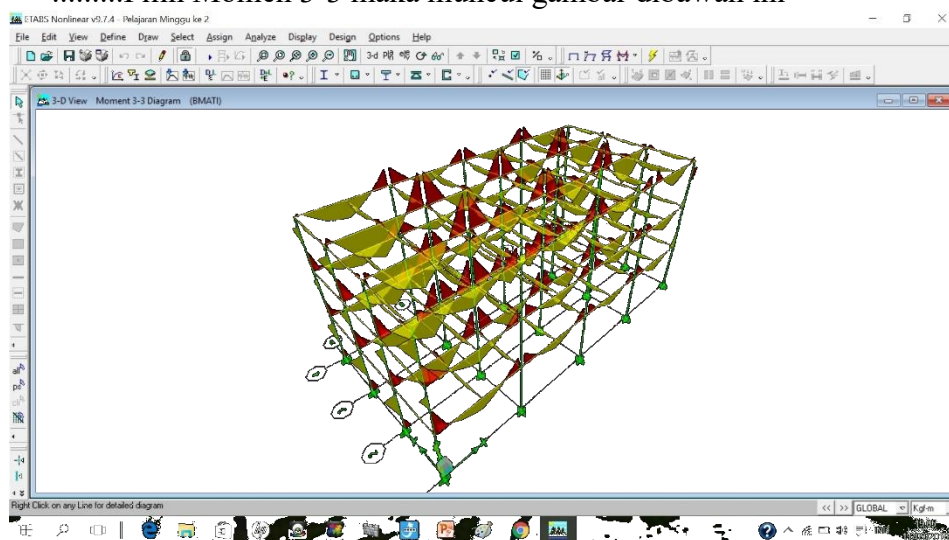
9. Hasil / Output Analisa Model Struktur



Pada window, terdapat 3D View Deformed Shape (Bmati), artinya deformed shape yang ada pada display merupakan hasil dari beban mati, untuk beban beban lain dapat di explore dengan menggunakan tombol tombol yang ada.

Melihat Gaya Gaya Dalam yng terjadi

- Pilih Show member forces/stress diagramFrame/Pier/Spandrel Forces
.....Pilih Momen 3-3 maka muncul gambar dibawah ini



Untuk mendapatkan hasil lebih detail maka dapat di klik pada salah satu elemen balok pada model dan klik kanan maka muncul seperti pada gambar dibawah ini



Pada display ditampilkan Dist. Load , gaya geser (V2) , Moment (M3) dan deflection
 Untuk melihat gaya gaya lain maka dapat diexplore lebih lanjut.

Untuk Melihat hasil output dalam bentuk tabel, maka dapat dilakukan berikut ini:

- Displayshow tableklik pada Model Definition Klik pada Analysis Result lalu OK
- Muncul windows seperti dibawah ini

Area Assignments Summary

Edit View

Area Assignments Summary

	Story	Area	AreaType	SectionType	Section	AxisAngle	Diaphragm	StiffMod	Pier
▶	STORY3	F1	Floor	Slab	SLAB	0,0000	D1		

OK

- Pilih Beam Forces maka akan muncul windows Beam Forces
- Pilih Edit Copy entre tabel Lalu bisa dipaste pada program excell

Beam Forces

Edit View

Beam Forces

	Story	Beam	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2
▶	STORY1	B5	BMATI	0,200	0,00	-3889,31	0,00	-11,766	0,000
	STORY1	B5	BMATI	0,633	0,00	-3733,14	0,00	-11,766	0,000
	STORY1	B5	BMATI	1,067	0,00	-3576,97	0,00	-11,766	0,000
	STORY1	B5	BMATI	1,500	0,00	-3420,80	0,00	-11,766	0,000
	STORY1	B5	BMATI	1,500	0,00	-1809,08	0,00	-4,693	0,000
	STORY1	B5	BMATI	2,000	0,00	-1628,89	0,00	-4,693	0,000
	STORY1	B5	BMATI	2,500	0,00	-1448,69	0,00	-4,693	0,000
	STORY1	B5	BMATI	3,000	0,00	-1268,49	0,00	-4,693	0,000
	STORY1	B5	BMATI	3,000	0,00	2357,31	0,00	12,720	0,000
	STORY1	B5	BMATI	3,500	0,00	2537,51	0,00	12,720	0,000
	STORY1	B5	BMATI	4,000	0,00	2717,71	0,00	12,720	0,000
	STORY1	B5	BMATI	4,500	0,00	2897,90	0,00	12,720	0,000
	STORY1	B5	BMATI	4,500	0,00	4437,71	0,00	8,649	0,000
	STORY1	B5	BMATI	4,933	0,00	4593,88	0,00	8,649	0,000
	STORY1	B5	BMATI	5,367	0,00	4750,05	0,00	8,649	0,000
	STORY1	B5	BMATI	5,800	0,00	4906,22	0,00	8,649	0,000
	STORY1	B5	BHIDUP	0,200	0,00	-1612,12	0,00	-5,231	0,000
	STORY1	B5	BHIDUP	0,633	0,00	-1612,12	0,00	-5,231	0,000



Bab 6

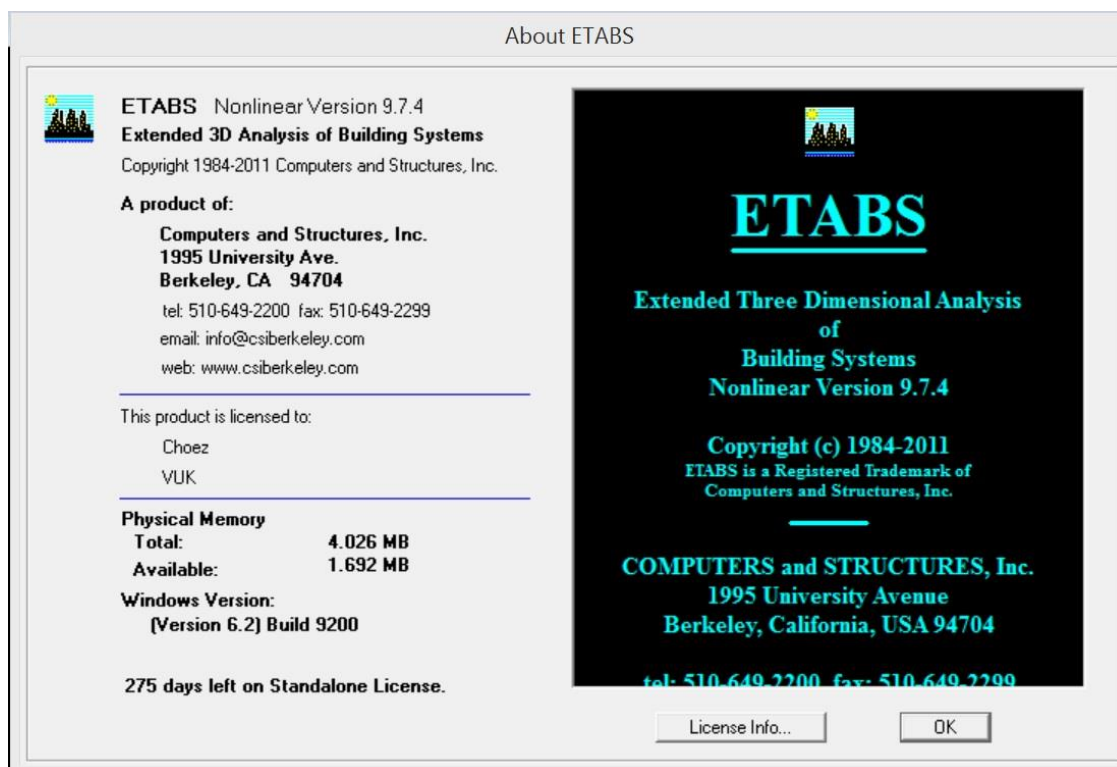
Aplikasi Program Modul 3

6.1. Modul 3

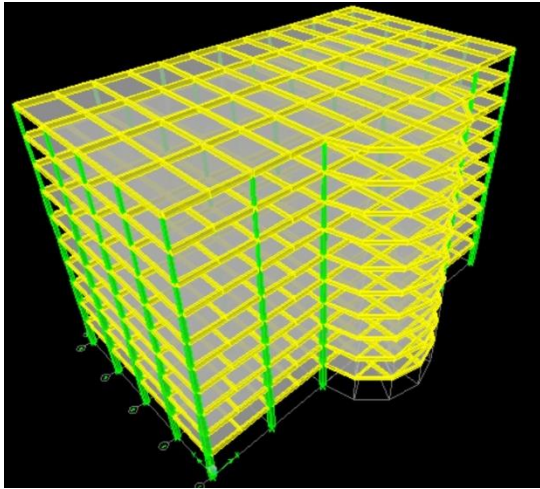
Model 3: Membuat model gedung 10 lantai dengan fasilitas replicate, pembebanan dan fungsi koordinat system.

- Dalam model 1 ini akan diberikan contoh bangunan gedung 10 lantai
- Jumlah kolom line pada arah sumbu X berjumlah 7, dengan jarak antar kolom masing masing adalah 10 meter
- Jumlah Kolom line pada arah Y berjumlah 4 kolom dengan jarak antar kolom masing masing adalah 8 meter.
Ditambah dengan adanya overhang di sisi depan dengan radius 10 meter.
- Tinggi tingkat untuk lantai dasar adalah 5 meter
- Tinggi tingkat untuk lantai typical 4 meter
- Beban yang bekerja: Beban mati sebesar 135 kg/m^2 dan Beban Hidup sebesar 250 kg/m^2
- Beban Ultimit (Kombinasi) : 1,2 Beban Mati + 1,6 Beban Hidup

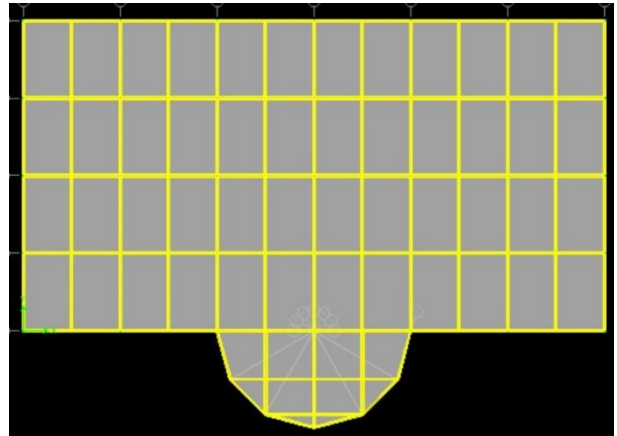
ETABS NON LINEAR V 9.7.4. Sebagai Alat Bantu dalam Analisa Struktur Teknik Sipil



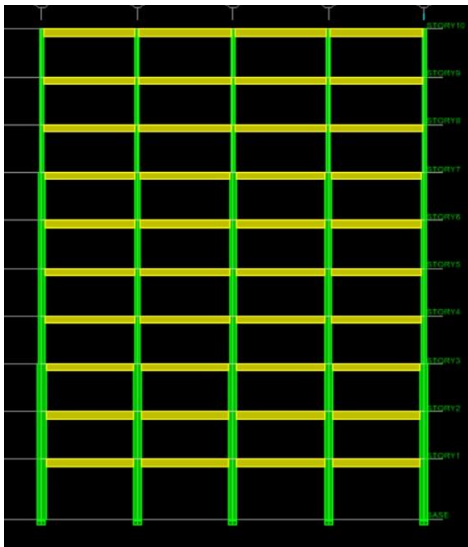
Gambar Model Struktur



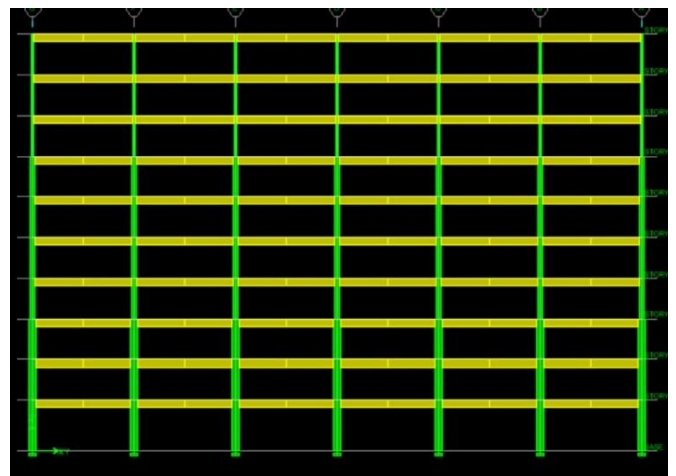
Gambar 3D



Gambar Tampak Atas



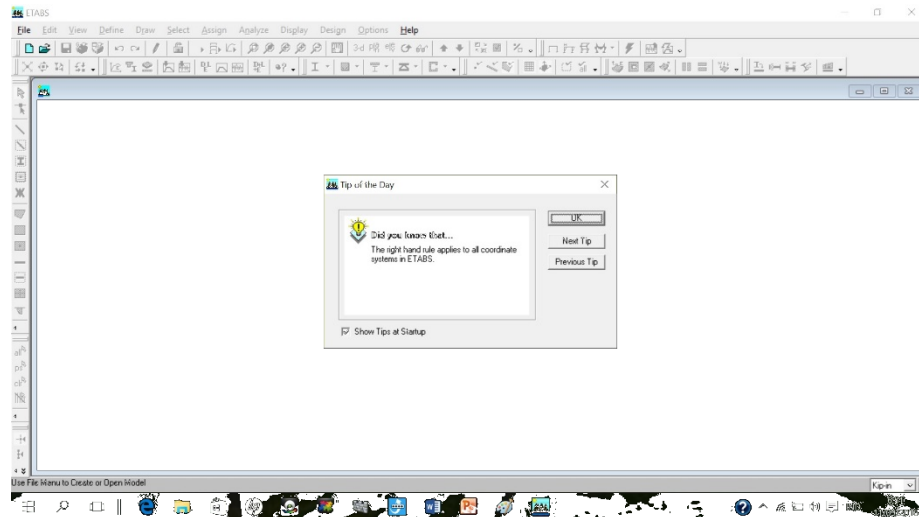
Gambar Potongan Y- Y



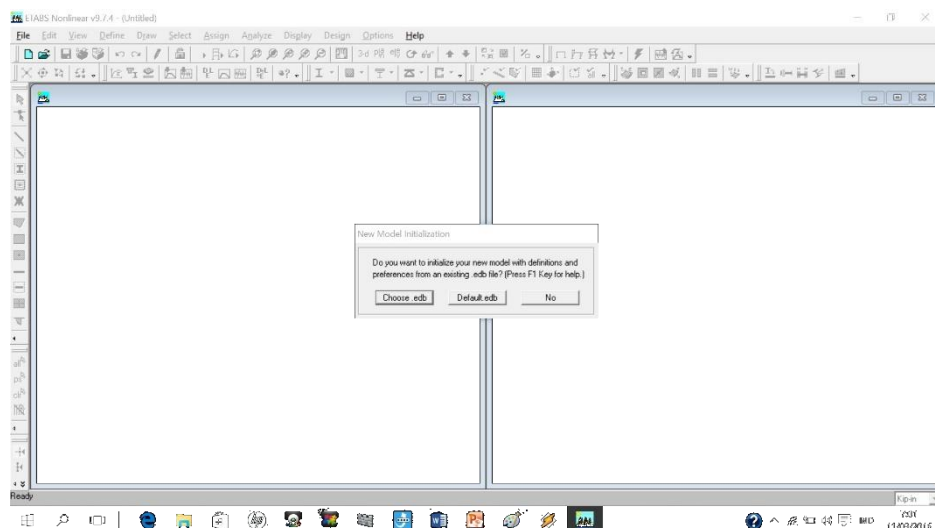
Gambar Potongan X-X

1. Memulai Program ETABS

- Buka file Etabs pada komputer. Maka akan muncul tampilan display Etabs seperti pada gambar dibawah ini.
- Lalu Klik Ok

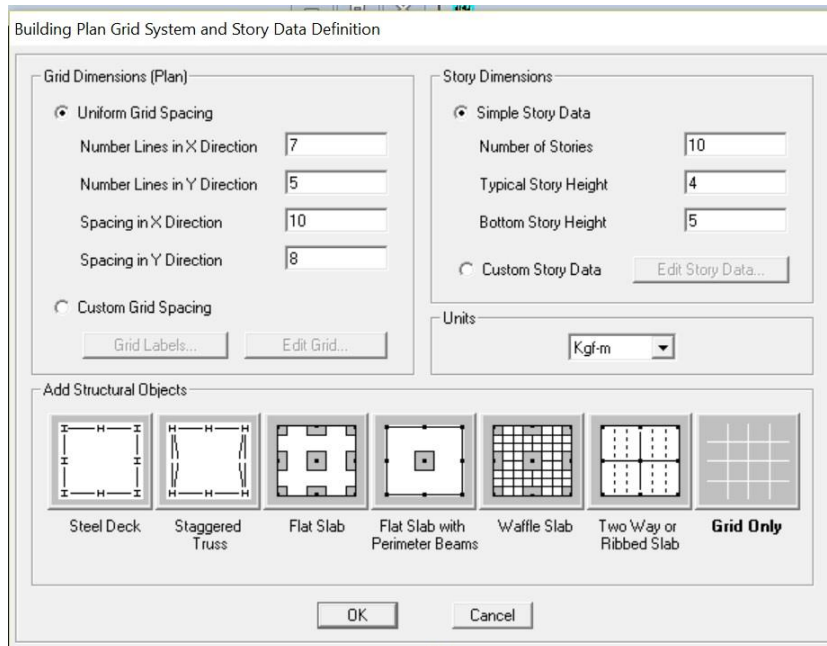


- Pilih FileNew Model (Ctrl + N) maka akan muncul gambar dibawah ini
- PilihNo
- Pada pojok bawah sebelah kanan pilih satuan yang akan digunakan yaitu: Kg-m

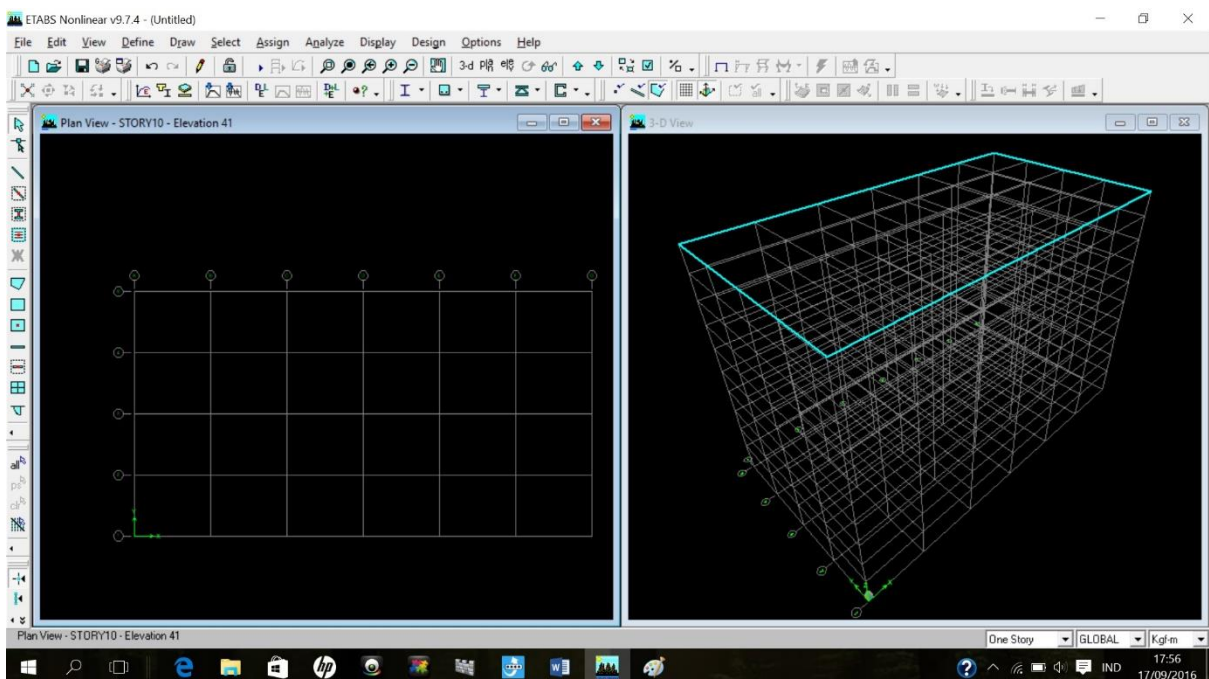


- Perhatikan tampilan yang muncul, terdapat jendela “*Building Plan Grid System and Story Data Definition*”

- Pada “Grid Dimensions (Plan)”Number Lines in X Direction isikan 7.....
Number Lines in Y Direction isikan 5Spacing in X Directions isikan 10
..... Spacing in Y Directions isikan 8
- Pada “Story dimensions “.....Number of Stories isikan 10Typical Story Height isikan 4Bottom Story Height isikan 5
- Pilih “Grid Only” seperti pada gambar dibawah ini.



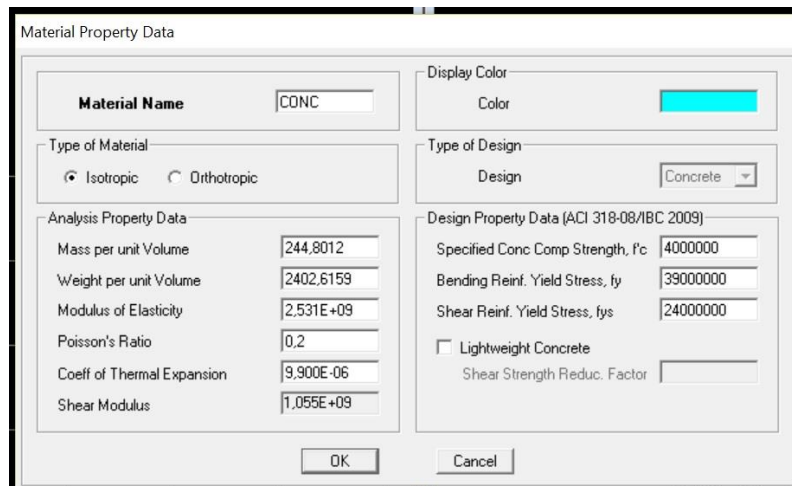
- Maka setelah di klikOK muncul gambar seperti dibawah ini



2. Pendefinisian Material

Lakukan langkah langkah berikut ini untuk mendefinisikan material yang akan di buat:

- Define Material properties.....pilih “Conc”.....laluklik modifi/show material
- Masukan data seperti pada window dibawah ini.... lalu OK OK



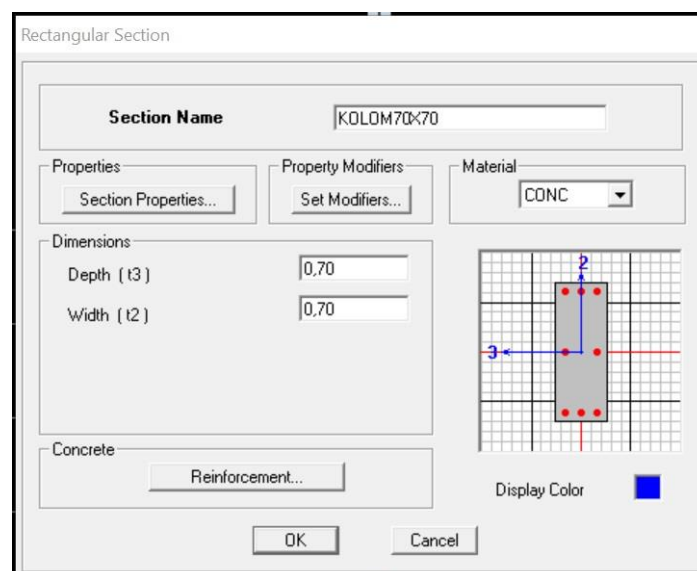
The 'Material Property Data' dialog box is used to define material properties. It contains the following fields and options:

- Material Name:** CONC
- Display Color:** A color selection box showing a light blue color.
- Type of Material:** Radio buttons for ☒ Isotropic and ☐ Orthotropic.
- Type of Design:** A dropdown menu set to 'Concrete'.
- Analysis Property Data:**
 - Mass per unit Volume: 244,8012
 - Weight per unit Volume: 2402,6159
 - Modulus of Elasticity: 2,531E+09
 - Poisson's Ratio: 0,2
 - Coeff of Thermal Expansion: 9,900E-06
 - Shear Modulus: 1,055E+09
- Design Property Data (ACI 318-08/IBC 2009):**
 - Specified Conc Comp Strength, f'_c : 4000000
 - Bending Reinf. Yield Stress, f_y : 39000000
 - Shear Reinf. Yield Stress, f_{ys} : 24000000
 - ☐ Lightweight Concrete
 - Shear Strength Reduc. Factor: (empty field)
- Buttons:** OK and Cancel.

3. Pendefinisian Frame

Lakukan langkah langkah berikut ini untuk mendefinisikan kolom yang akan di buat:

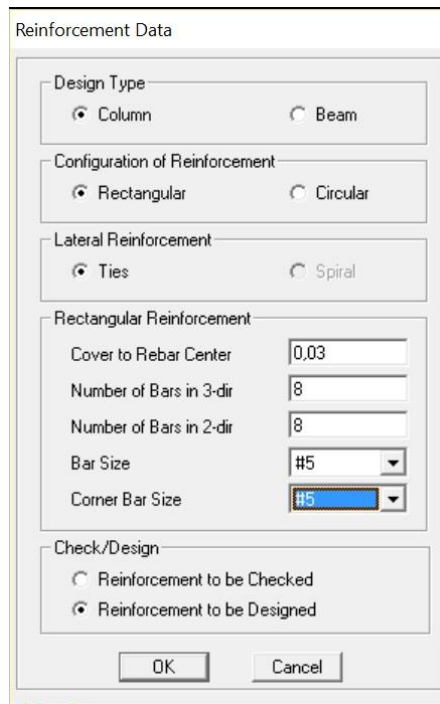
- Define frame section Add Rectangular..... masukan data seperti pada window ini



The 'Rectangular Section' dialog box is used to define the properties of a rectangular frame section. It contains the following fields and options:

- Section Name:** KOLOM70x70
- Properties:** A button labeled 'Section Properties...'. Below it, a 'Dimensions' section with:
 - Depth (t3): 0,70
 - Width (t2): 0,70
- Property Modifiers:** A button labeled 'Set Modifiers...'. Below it, a 'Concrete' section with a button labeled 'Reinforcement...'. At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.
- Material:** A dropdown menu set to 'CONC'.
- Diagram:** A grid showing a rectangular section with reinforcement bars. The bars are labeled with numbers 1, 2, and 3. A 'Display Color' button with a blue color selection box is located to the right of the diagram.

- Lalu klik reinforcement..... dan masukan data seperti pada gambar dibawah ini lalu OKOK



The 'Reinforcement Data' dialog box contains the following settings:

- Design Type:** ☒ Column, ☐ Beam
- Configuration of Reinforcement:** ☒ Rectangular, ☐ Circular
- Lateral Reinforcement:** ☒ Ties, ☐ Spiral
- Rectangular Reinforcement:**
 - Cover to Rebar Center: 0,03
 - Number of Bars in 3-dir: 8
 - Number of Bars in 2-dir: 8
 - Bar Size: #5
 - Corner Bar Size: #5
- Check/Design:** ☐ Reinforcement to be Checked, ☒ Reinforcement to be Designed

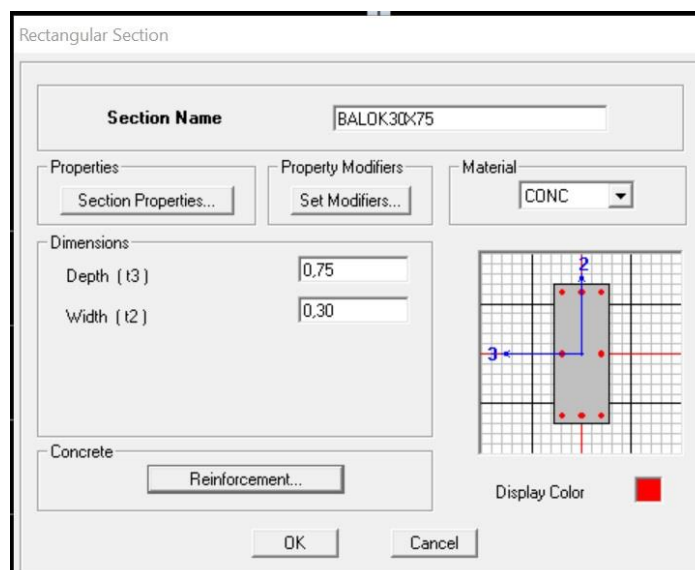
Buttons: OK, Cancel

- Maka didalam daftar property frame akan muncul kolom 70x70 yang telah didefinisikan

Dengan cara yang sama dibuat kolom dengan ukuran 50x50 cm² dan 30x30cm²

Lakukan langkah langkah berikut ini untuk mendefinisikan balok yang akan di buat:

- Define frame section Add Rectangular..... masukan data seperti pada window ini

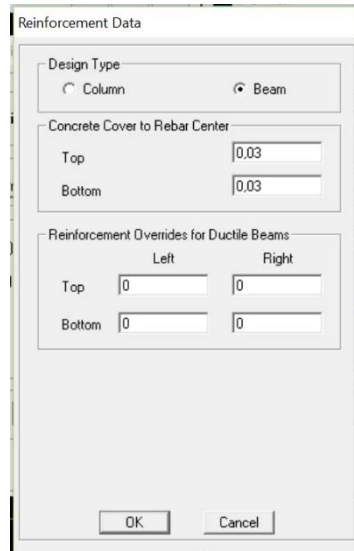


The 'Rectangular Section' dialog box contains the following settings:

- Section Name:** BALOK30X75
- Properties:** Section Properties...
- Property Modifiers:** Set Modifiers...
- Material:** CONC
- Dimensions:**
 - Depth (t3): 0,75
 - Width (t2): 0,30
- Concrete:** Reinforcement...
- Diagram:** A grid showing a rectangular section with dimensions 0,30 and 0,75, and reinforcement bars indicated by red dots and blue lines.
- Display Color:** A red square icon.

Buttons: OK, Cancel

- Lalu klik reinforcement..... dan masukan data seperti pada gambar dibawah ini lalu OKOK



The 'Reinforcement Data' dialog box is shown. It has a 'Design Type' section with radio buttons for 'Column' and 'Beam', where 'Beam' is selected. Below this is a 'Concrete Cover to Rebar Center' section with input fields for 'Top' and 'Bottom', both set to '0.03'. The next section is 'Reinforcement Overrides for Ductile Beams', which has a table with columns 'Left' and 'Right', and rows 'Top' and 'Bottom', all with input fields set to '0'. At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.

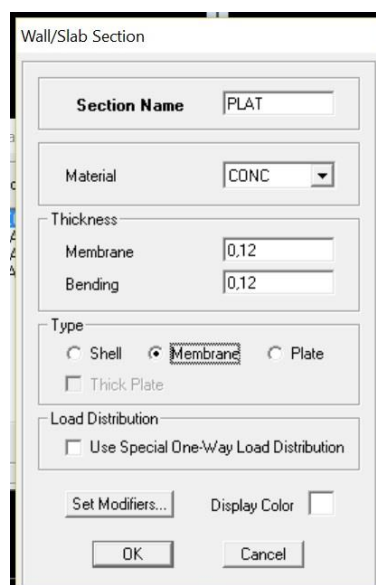
- Maka didalam daftar property frame akan muncul balok 30x75 yang telah didefinisikan

Dengan cara yang sama dibuat kolom dengan ukuran 25x60 cm2 dan 20x50cm2

4. Pendefinisian Plat

Lakukan langkah langkah berikut ini untuk mendefinisikan plat lantai yang akan di buat:

Define wall/slab/deck section pilih Add New Slab..... masukan data seperti dibawah ini

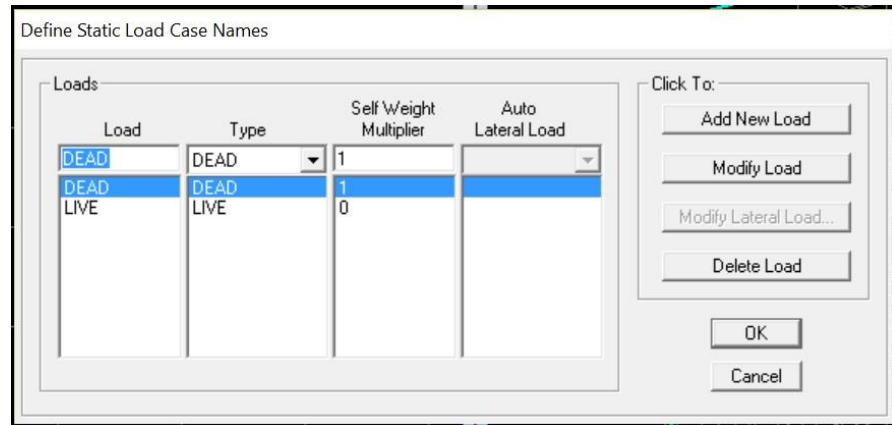


The 'Wall/Slab Section' dialog box is shown. It has a 'Section Name' field with 'PLAT' entered. Below is a 'Material' dropdown menu with 'CONC' selected. The 'Thickness' section has input fields for 'Membrane' and 'Bending', both set to '0.12'. The 'Type' section has radio buttons for 'Shell', 'Membrane' (selected), and 'Plate', and a checkbox for 'Thick Plate' which is unchecked. The 'Load Distribution' section has a checkbox for 'Use Special One-Way Load Distribution' which is unchecked. At the bottom are 'Set Modifiers...', 'Display Color' (checkbox), and 'OK' and 'Cancel' buttons.

5. Pendefinisian Beban

Lakukan langkah langkah berikut ini untuk mendefinisikan beban yang akan digunakan pada model struktur:

- Define Static Load Case cek beban seperti pada gambar dibawah ini

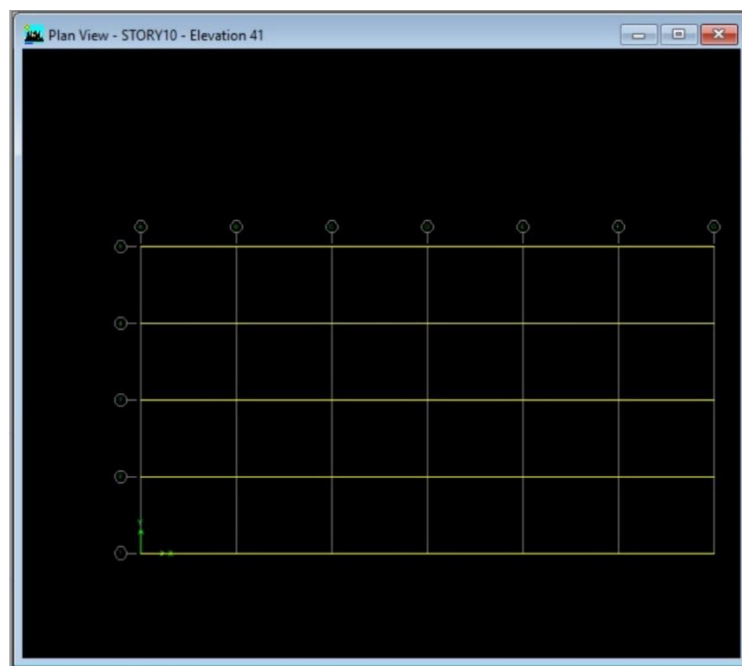


6. Penggambaran Model

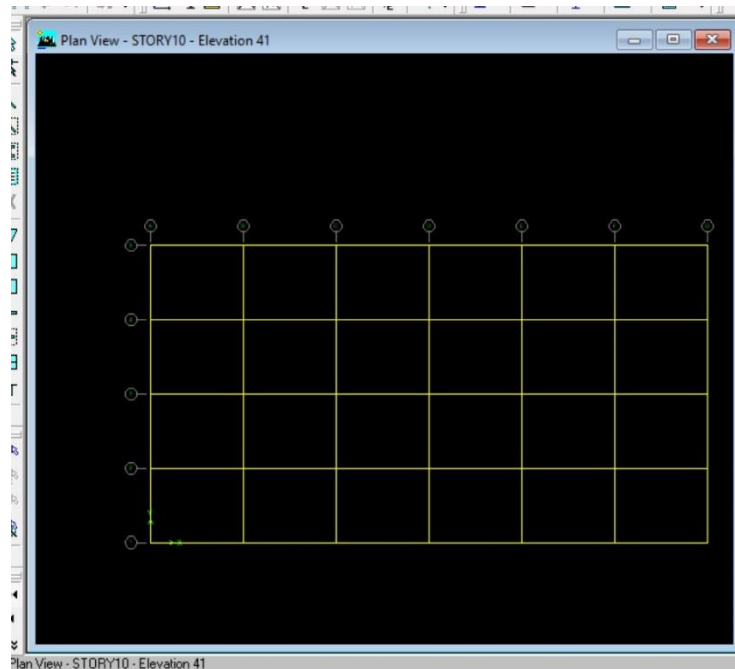
Penggambaran balok utama

Lakukan langkah langkah berikut ini untuk penggambaran model struktur:

- Draw draw line object pilih draw line (Plan,Elev,3D) maka muncul window properties of objectpilih balok 30x75 cm2.
- Gambarkan pada koordinat model yang telah dibuat yaitu balok 30x75 cm pada posisi sejajar dengan sumbu X dengan cara klik di tiap tiap titik joint balok dan akan didapatkan seperti pada gambar dibawah ini



- Gambarkan pada koordinat model yang telah dibuat yaitu balok 25x60 cm pada posisi sejajar dengan sumbu Y dengan cara klik ditiap tiap titik joint balok dan akan didapatkan seperti pada gambar dibawah ini

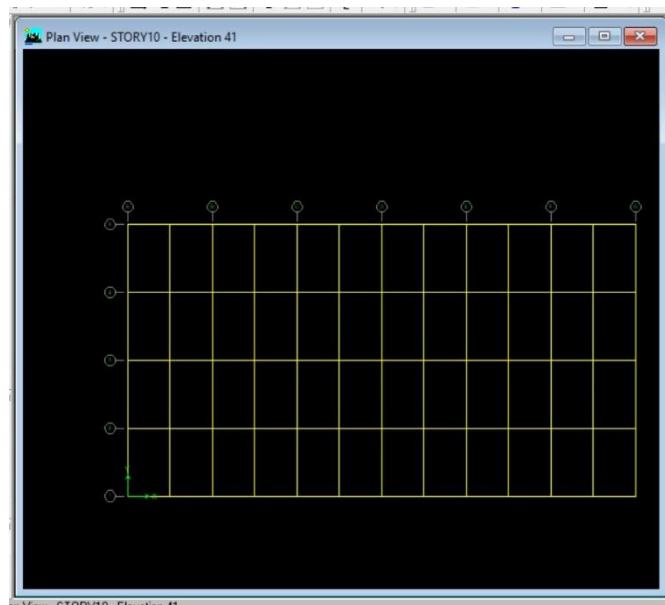


Pada balok sejajar dengan sb X dengan bentang 10 meteer sehingga plat yang akaan dipakai akan cukup luas sehingga perlu pengaku, oleh sebab itu maka perlu dibuat balok anak yang membagi balok 30x70cm2 menjadi 2 bagian,

Penggambaran balok anak

Lakukan langkah langkah berikut ini untuk penggambaran balok anak:

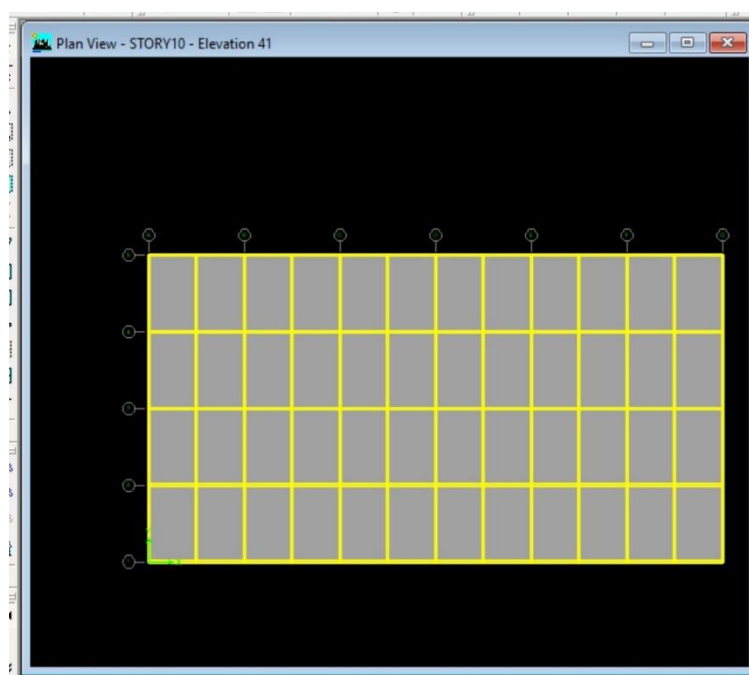
- Pilih balok sejajar dengan sb. X dengan cara klik masing masing balok
- Edit divide line pilih divide into 2 objects, maka pada tengah tengah balok 30x75cm2 muncul fasilitas titik joint yang dapat digunakan untuk menggambar balok anak.
- Pilih draw line (Plan,Elev,3D)..... pilih balok 20x50cm2 lalu klik pada posisi balok anak yang akan digambar, didapatkan gambar seperti pada gambar dibawah ini



Penggambaran Plat Lantai

Lakukan langkah langkah berikut ini untuk penggambaran plat lantai:

- Create areas at klik (plan,elev) pada window properties of object pilih Plat lalu klik pada posisi plat yang ada pada model dan lihat hasilnya setelah di klik.
- Untuk memastikan bahwa plat sudah tergambar semua, cek dengan menggunakan fasilitas set building view option.
- Klik set building view option pilih object fill dan extrusion lalu OK
- Maka akan tampak gambar seperti dibawah ini, untuk mengembalikan maka klik lagi set building view option lalu hilangkan tanda V pada object fill dan extrusion lalu OK

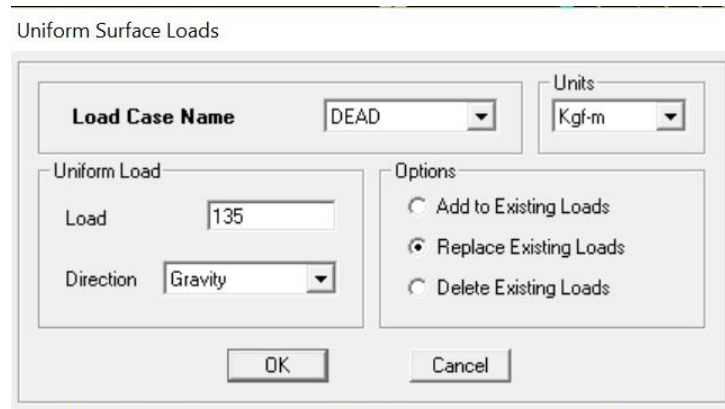


7. Pemberian beban

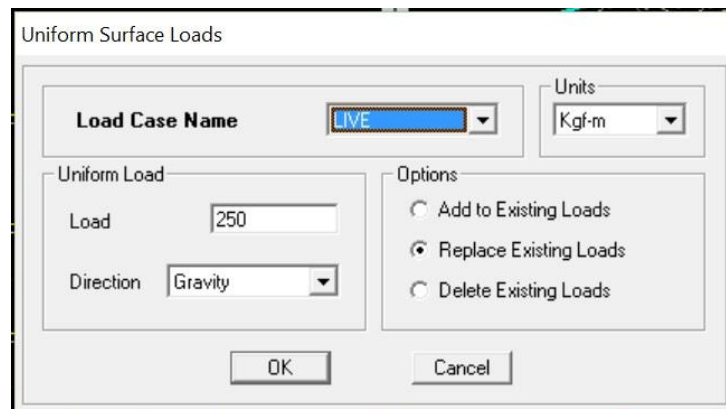
Beban Mati Merata dan Beban Hidup Merata

Lakukan langkah langkah berikut ini untuk memberikan beban pada plat lantai:

- Pilih plat lantai yang akan di beri beban dengan cara klik pada posisi plat lantai.....Assign pilih Shell/area load lalu pilih uniform masukan 135 pada load, seperti pada gambar dibawah ini



- Pilih plat lantai yang akan di beri beban dengan cara klik pada posisi plat lantai.....Assign pilih Shell/area load lalu pilih uniform pilih Livemasukan 250 pada load, seperti pada gambar dibawah ini

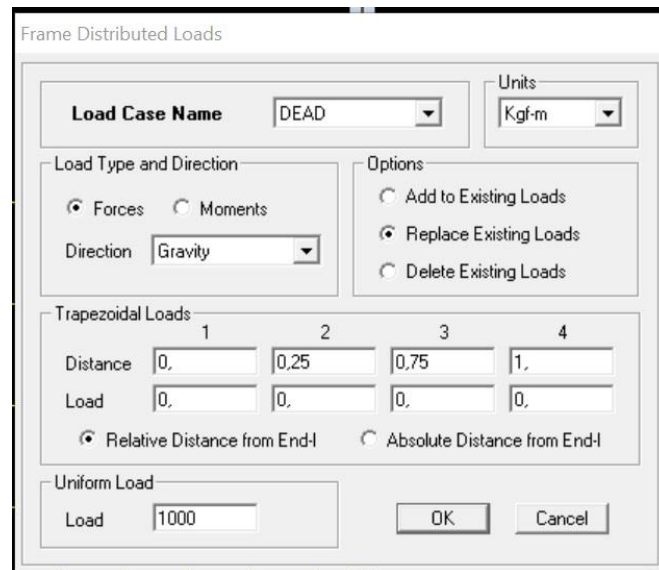


Beban Mati Dinding

Lakukan langkah langkah berikut ini untuk memberikan beban pada balok yang dibebani dengan dinding:

- Pilih balok pada posisi tepi yaitu balok 30x75 cm2 dan balok 25x60 cm2 ditepi dengan dengan cara klik pada balok tersebut..... lalu pilih Assign

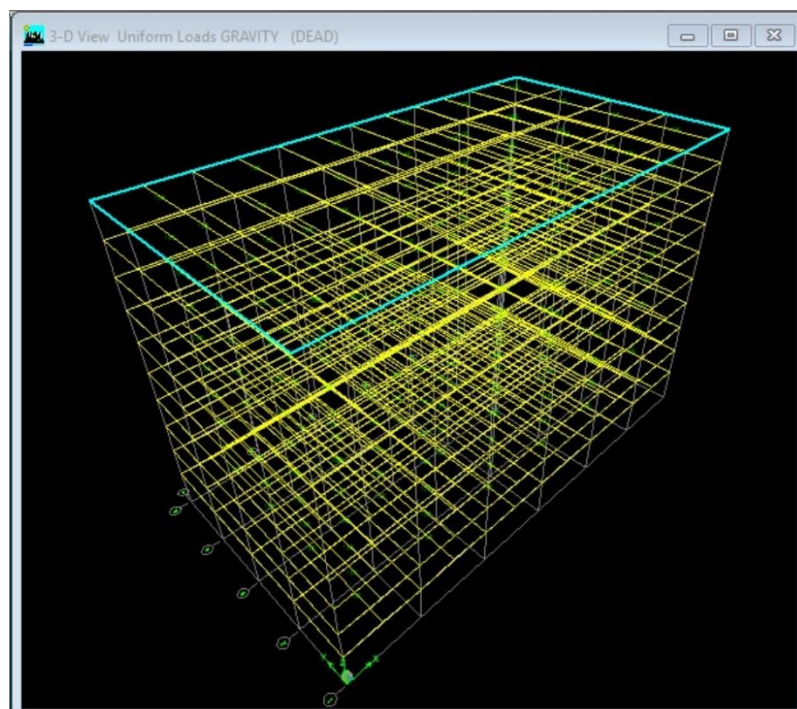
.....Frame/Line Loads distributed Load case name pilih Dead
masukan uniform load 1000 lalu OK maka didapatkan seperti pada gambar dibawah ini



8. Penggunaan Fasilitas Replicate Untuk Menduplikasi Lantai dan Beban

Lakukan langkah langkah berikut ini untuk melakukan duplikasi lantai yang sudah tergambar ke lantai dibawahnya

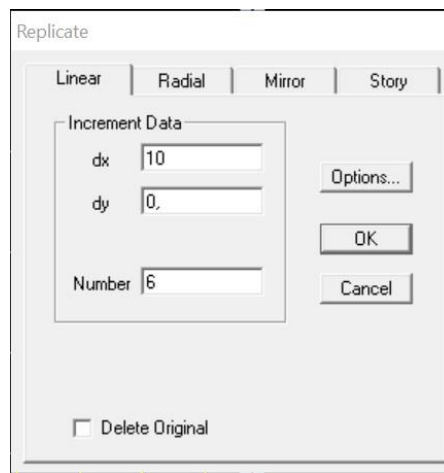
- Pilih semua object di lantai story 10 dengan cara klik dan drag dari kanan ke kiri maka semua akan terpilih
- Pilih Edit Replicate pilih story pilih Story 9 sampai dengan Story 1lalu OK, maka didapatkan gambar seperti pada gambar dibawah ini



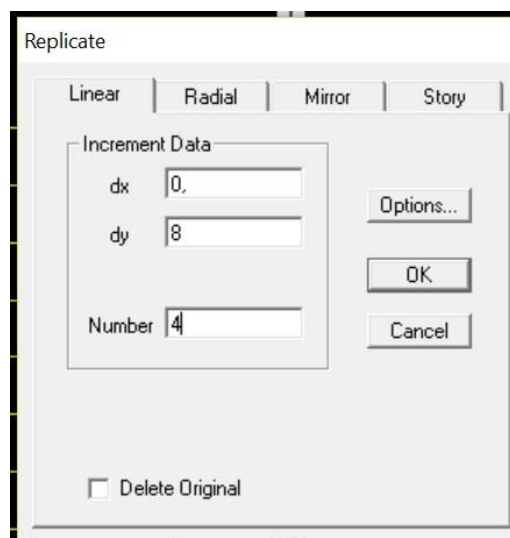
9. Penggambaran Kolom

Lakukan langkah langkah berikut ini untuk melakukan duplikasi lantai yang sudah tergambar ke lantai dibawahnya

- Pilihlah window sebelah kiri dengan cara klik di window sebelah kiri berarti kita akan bekerja di window sebelah kiri
- Pilih Create column in region or at klik (plan)pilih kolom 30x30 cm yang sudah kita definisikan diawal, pilih grid point A 1, lalu pilih tekan escape atau pilih object.
- Pada lantai 10 telah dibuat kolom dengan ukuran 30x30 cm², untuk menggambarkan yang lain maka kita gunakan fasilitas replicate.
- Pilih Kolom di Story 10 posisi A 1 dengan cara klik lalu pilihEdit Replicate masukan data seperti pada gambar dibawah ini.



- Maka akan tergambar kolom kearah sb X, untuk selanjutnya pilih kolom yang telah kita replicate tadi semuanya, dengan cara klik pada 7 kolom tersebut.
- Lalu pilih edit Replicate masukan data seperti pada gambar dibawah ini.

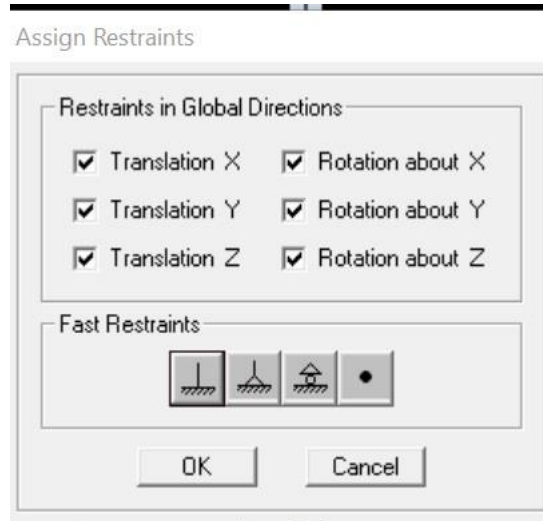


Dengan cara yang sama lakukan untuk lantai yang lain,

Keterangan:

Untuk lantai 9 dan 8 gunakan kolom ukuran 30x30 cm² untuk lantai 4,5,6,7, gunakan kolom ukuran 50x50 cm² dan untuk lantai 1,2,3 gunakan kolom 70x70 cm²

- Pada lantai base (dasar) pilih semua titik bawah kolom lalu klik Assign joint/pointrestraint pilih fix (jepit) lalu OK seperti pada gambar dibawah ini

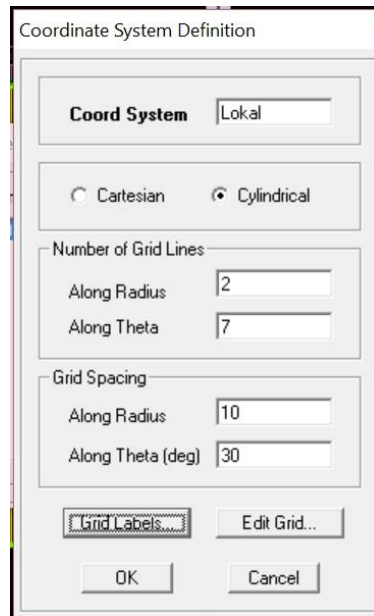


10. Pembuatan Koordinat Lokal Baru dan Balok Baru

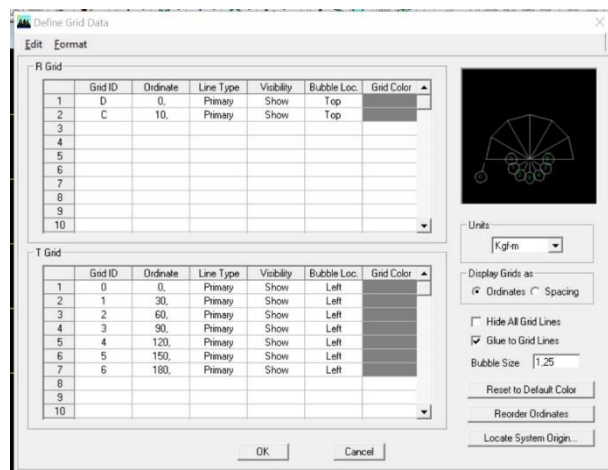
Pada saat membuat model, ternyata ada tambahan element yang perlu dimasukan dimana element tersebut berbentuk $\frac{1}{2}$ lingkaran dengan diameter 10 m dan terletak pada antara as C dan as E.

Lakukan langkah langkah berikut ini untuk membuat lokal koordinat baru:

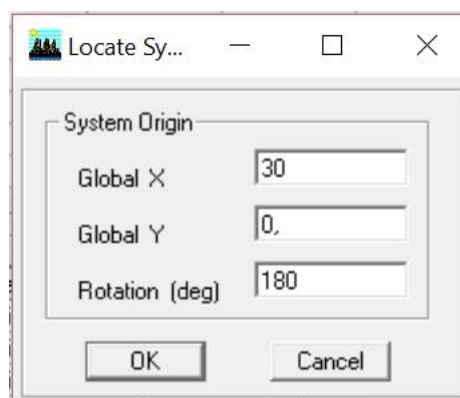
- Pilih Edit Edit Grade data Edit Grade pilih Add New System..... masukan data seperti pada gambar dibawah ini



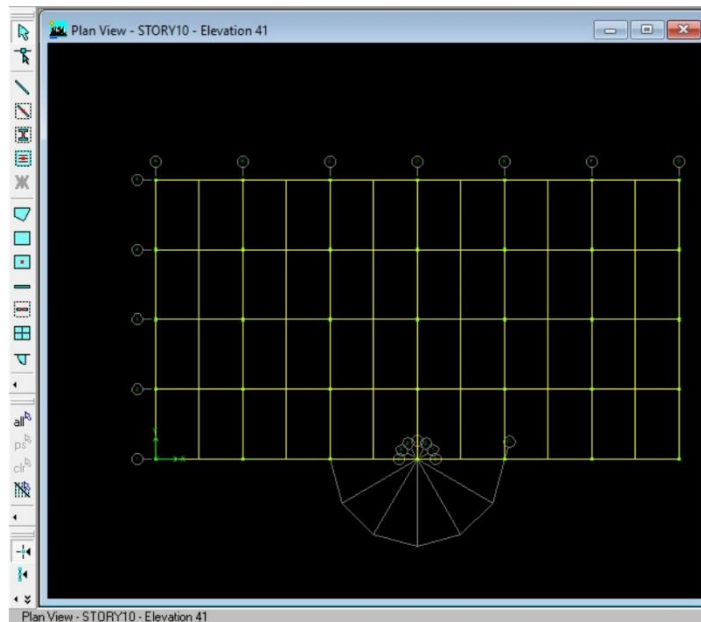
- Lalu pilih edit grid pada Coordinat system Definitionmaka muncul window dibawah ini dan cek/masukan data seperti dibawah ini



- Pilih Locate System Origin muncul window baru masukan data seperti dibawah ini lalu OK

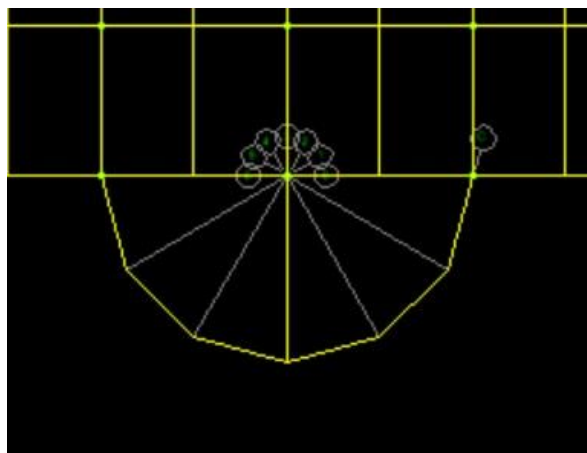


- Maka akan muncul koordinat baru seperti pada gambar dibawah ini

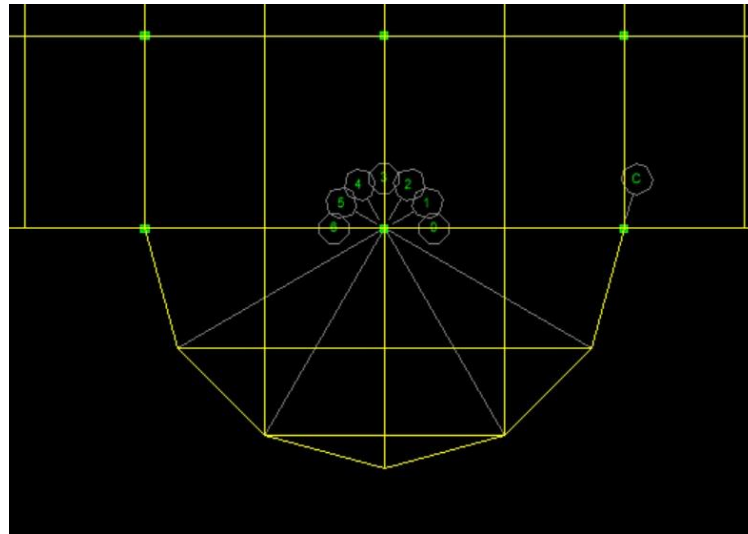


Untuk selanjutnya kita akan menggambar balok yang bekerja pada sistem koordinar baru tersebut Agar tidak menggambar pada masing masing lantai maka dilakukan langkah langkah sebagai berikut,

- Pada kolom kanan bawah rubahlah dari one story menjadi All stories
 - Pilih Draw line (Plan, elev, 3D) lalu pilih balok 20x50 pada properties of object lalu gambarkan pada tepi $\frac{1}{2}$ lingkaran
 - Pilih balok 30x75 pada properties of object lalu gambarkan pada garis radius yang berada ditengah
- Seperti pada gambar dibawah ini



- Untuk menggambarkan balok lain pada sistem koordinat baru ini maka lakukan dengan cara sama dengan penggambaran balok pada sesi sebelumnya, maka akan didapatkan gambar seperti dibawah ini.



Berikut akan dilakukan penggambaran plat lantai yang bekerja pada sistem koordinat baru

- Pilih Create area at klik (plan. Elev) pada properties of object pilih plat lalu klik pada posisi di sembarang titik di koordinat baru, maka plat akan terdefiniskan pada seluruh lantai di koordinat baru tersebut.

Memasukan beban pada plat lantai koordinat sistem baru

- Pilih plat yang akan dibebani dengan cara klik pada plat tersebut
- Assign shell/area loads pilih Dead masukan 135 pada load lalu OK
- Pilih select pilih get previous selection assign shell/area loads pilih Live masukan 250 pada load lalu OK

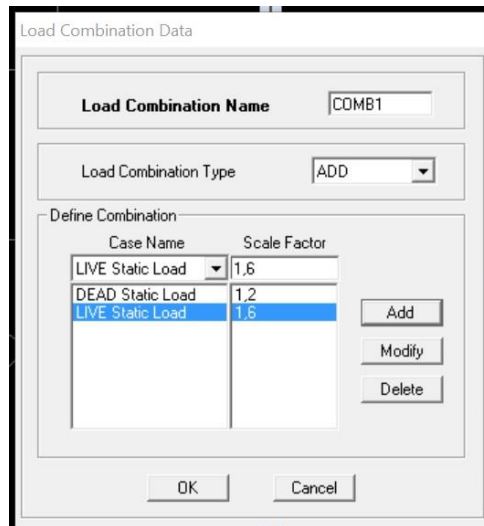
Pada gambar yang telah dibuat karena kita menggunakan fasilitas all stories maka tergambar semua mulai dari lantai base sampai pada lantai 10, tetapi karena kita tidak menginginkan itu terjadi di lantai base maka akan kita hapus seluruh balok di koordinat sistem yang baru tadi

- Pilih one story di posisi kanan bawah
- Turun ke lantai base pilih semua balok dan plat di lantai tersebut lalu delete.

11. Pendefinisian Load Kombinasi

Langkah langkah yang dilakukan untuk mendefinisikan load kombinasi

- Define Load combination pilih add new combo masukan data seperti pada gambar dibawah ini lalu OK



12. Analisis Model

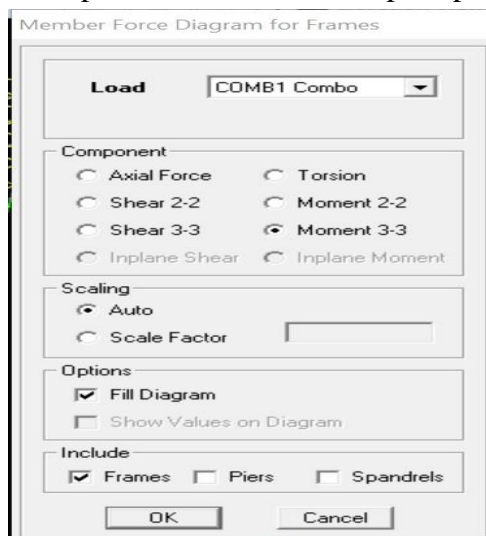
Langkah langkah yang dilakukan untuk analisis model

- Analyze set analyze option pilih Full 3D pilih include P-delta OK
- Analyze run analyze

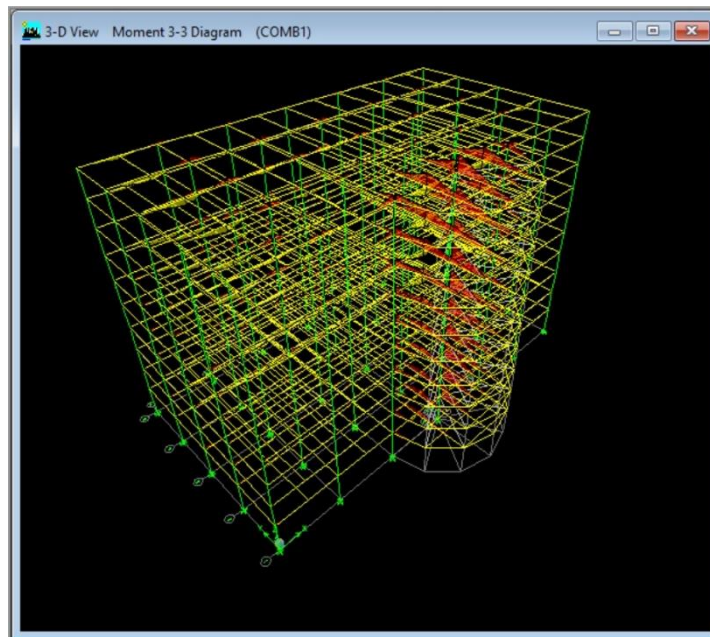
13. Pembacaan Output Program

Langkah langkah yang dilakukan untuk pembacaan output program

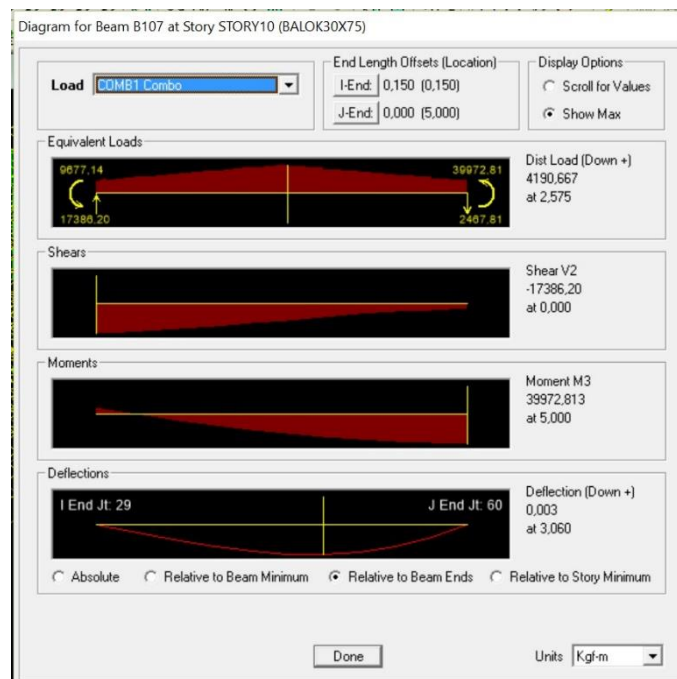
- Klik pada window sebelah kiri (untuk memastikan kita bekerja pada window sebelah kiri)
- Pilih Display show member forces/ Stress Diagram
Frame/Pier/Spandrel Forces
- Kita akan melihat gaya gaya dalam yang terjadi akibat beban kombinasi 1 (combo1) dan gaya yang akan ditampilkan momen arah 3 seperti pada window dibawah ini.



- Maka akan muncul output seperti dibawah ini



- Untuk memperbesar tampilan hasil output maka dapat dilakukan sebagai berikut
Klik kiri pada salah satu balok pada model struktur yang kita pilih lalu klik kanan
maka didapatkan hasil gambar seperti dibawah ini

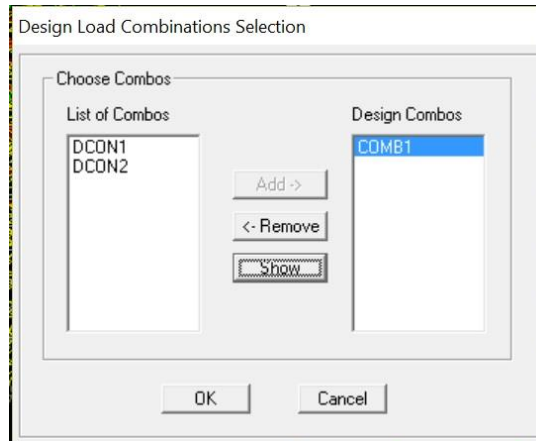


Dari informasi window diatas dapat kita baca besarnya gaya geser, gaya momen arah 3, dan deflection yang terjadi pada balok.

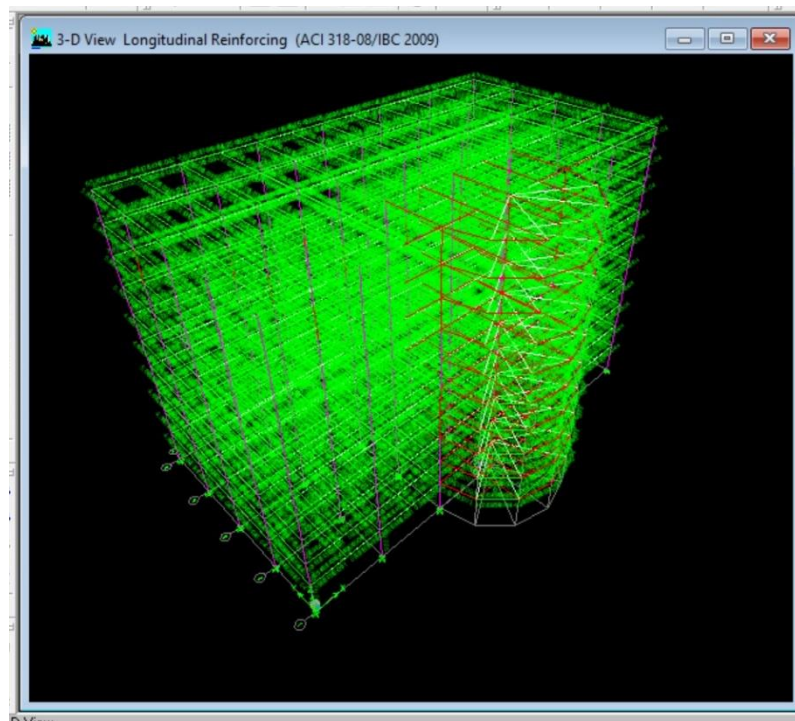
14. Design Struktur Beton

Langkah langkah yang dilakukan untuk melakukan design beton

- Pilih design Cocrete frame design select Design Combo maka muncul window seperti dibawah ini dan isikan

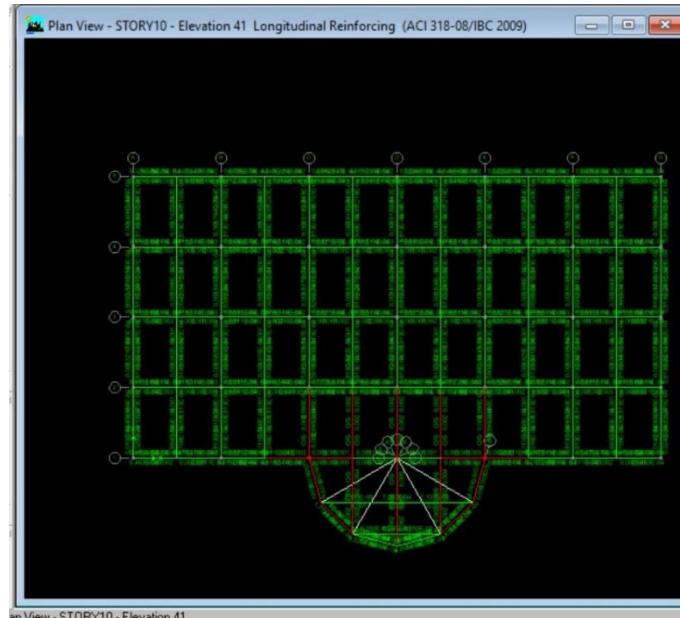


- Lalu pilih design Cocrete frame design Start design/Check of Structure. Maka akan muncul window output seperti pada gambar dibawah ini



Hasil output yang berupa gambar tidak dapat terbaca dengan jelas, maka untuk dapat melihat secara jelas dapat kita pilih dengan membaca output perantai dengan langkah sebagai berikut:

- Pada panel pilih Set plan view pilih story 10 maka didapatkan gambar seperti pada gambar dibawah ini



- Untuk memindahkan satuan maka ubahlah satuan yang ada di kanan bawah menjadi kg – cm, maka tampilan akan berubah ke cm dan kita dapat membaca output kebutuhan penulangan memanjang pada balok dan kolom.

6.2. Sumber Pustaka

- Anonim. (2002). *Undang Undang Republik Indonesia No. 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung*. Jakarta: Deputi Sekretaris Kabinet Bidang Hukum dan Perundangan – undangan.
- Anonim. (2010). *ANSI/AISC 360-10: An American National Standard: Spesification for Structural Steel Buildings*. Chicago: American Institute Of Steel Construction.
- Anonim. (2019). SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
- Anonim. (2019). SNI 1726-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
- Dewobroto, W. (2015). *SNI 1729:2015 dan Era Baru Perencanaan Baja Berbasis Komputer. Seminar Nasional “Inovasi Struktur dan Rekayasa Bahan dalam Teknologi Konstruksi”*. Jakarta: Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta.
- Sukamta, D. (2016). *Inovasi Dalam Desain Struktur Dan Konstruksi Gedung Super-Tinggi. Seminar dan Pameran HAKI 2016 - "Innovations in Structural and Engineering Construction"*.